

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

KENTTÄTELELÄÄKINNÄN TOTEUTTAMISRATKAISU

Diplomityö

Majuri
Juha Peltomäki

YEK 53
Maasotalinja

Heinäkuu 2007

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja	
Yleisesikuntaupseerikurssi 53	Maasotalinja	
Tekijä		
Majuri Juha Peltomäki		
Tutkielman nimi		
Kenttätelelääkinnän toteuttamisratkaisu		
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka	
Sotateknikka	Kurssikirjasto (MpKK:n kirjasto)	
Aika	Tekstisivuja	Liitesivuja
Heinäkuu 2007	136	17
TIIVISTELMÄ Puolustusvoimat vastaa sodan ajan kenttälääkinnästä. Kenttälääkinnän hoitoketju päättyy evakuointisairaalaan, jossa hoitovastuu siirtyy yleiselle terveydenhuollolle. Kenttälääkinnän lääkintätekniinen materiaali on laadukasta. Kenttälääkinnän ongelmat eivät olekaan lääketieteellisiä, vaan ongelmia ovat kenttälääkinnän johtaminen, hankitun tiedon käsittely, taltiointi ja erityisesti tiedon jakaminen tarvitsijoiden kesken. Tiedon jakaminen korostuu sekä kenttälääkintäjärjestelmän sisällä että viranomaisyhteistyössä. Tutkimuksen päämääränä (=päättötutkimuskysymys) on selvittää, millaisia teknisiä vaatimuksia telelääketiede edellyttää kenttälääkintäjärjestelmältä ja kuinka telelääketieteen tarvitsemat yhteydet voidaan toteuttaa? Kun aikaa ja resursseja on vähän, ja päätökset tehtävä nopeasti, tarvitaan teknisiä apuvälineitä johtamisen nopeuttamiseksi ja informaation siirtämiseksi tarvitsijoille. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää näitä apuvälineitä ja muodostaa tekninen ratkaisu hoitopisteiden telelääketieteen mahdollistamiseksi. Ratkaisut on pyritty toteuttamaan laitteilla ja järjestelmillä, joita puolustusvoimissa on käytössä tällä hetkellä tai laitteiden hankinta on meneillään.		

Tutkimus on luonteeltaan teoreettinen ja tarkastelutapa tekninen. Tutkimusmenetelmiä ovat olleet kirjallisuustutkimus, käsiteanalyysi ja asiantuntijahaastattelut. Tutkimuksessa ei käsitellä tietoturvaan, elektroniseen sodankäyntiin, lääkintäjoukkojen taktiseen käyttöön, kenttätelelääketieteen tarpeellisuuteen, etiikkaan eikä kustannuksiin liittyviä asioita.

Tutkimuksessa analysoidaan telelääketieteen käsite, määritellään kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuri ja kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri. Näiden pohjalta esitetään tekninen ratkaisu evakuointiajoneuvon, ensihoitokeskuksen ja "kriisikontin" telelääketieteen tiedonsiirtoyhteyksien toteuttamiseksi. Ratkaisu mahdollistaa kenttälääkinnän digitaalisen hoitotietoketjun muodostamisen.

Sodan aikana kenttäviestijärjestelmä muodostaa pohjan lääkintäjoukkojen johtamiselle. Tällä hetkellä sillä ei kyetä toteuttamaan kaikkia telelääketieteen yhteystarpeita. Kenttäviestijärjestelmiä kehitetään, ja voidaan olettaa, että muutaman vuoden kuluessa kenttäviestijärjestelmät ovat osa IP-pohjaisia tietoliikenneverkkoja, joiden siirtokapasiteetti vastaa tämän päivän GPRS-siirtonopeuksia. Näin ollen toimintatapoja voidaan harjoitella jo tänä päivänä yleisen viestintäverkon välityksellä.

Langattomien, kaupallisten tiedonsiirtoverkkojen hyödyntäminen on välttämätöntä kenttälääkinnän tiedonsiirtoyhteyksien toteuttamiseksi. Evakuointiajoneuvoissa tulee olla kenttäradion lisäksi VIRVE-puhelin sekä kaikkia matkapuhelinverkon ja yleisimpien langattomien datansiirtoverkkojen siirtoteitä hyödyntävä datapäätelaite, jotta lääkintäjoukot kykenevät kaikissa tilanteissa viranomaisyhteistyöhön ja toimimaan myös ennen kenttäviestijärjestelmien aktivointia.

Liityntälaiteperheen tuotteet soveltuvat kenttälääkinnän käyttöön erinomaisesti. Liityntälaitteilla voidaan toteuttaa lähes kaikki kenttälääkinnän hoitopisteiden tarvitsemat viesti- ja johtamisjärjestelmäpalvelut. Liityntäpisteiden muodostamisessa on hyödynnettävä yleistä viestintäverkkoa ja langattomia siirtoteitä.

Kenttäviestimateriaalia, puolustusvoimien viestintäverkkoa ja yleistä viestintäverkkoa käyttämällä voidaan toteuttaa kenttälääkinnän digitaalinen hoitotietoketju ja siirtää rauhan ajan sairaalaympäristön tietojärjestelmät kenttälääkinnän käyttöön.

AVAINSANAT

Telelääketiede, kenttälääkintä, kenttätelelääketiede, ALVI, liityntälaitte

KENTTÄTELELÄÄKINNÄN TOTEUTTAMISRATKAISU

1 JOHDANTO	1
1.1 Sodan kuva ja puolustusvoimien tehtävät	1
1.2 Kenttälääkinnän verkottuminen	2
1.3 Tutkimusongelma ja -ympäristö sekä tutkimuksen rajaukset	6
1.4 Aikaisemmat tutkimukset	9
2 KENTTÄLÄÄKINNÄN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	11
2.1 Kenttälääkinnän kehittäminen	11
2.2 Ensihoitokeskus	13
2.3 Kenttälääkinnän järjestelyt valmiusprikaatissa ja huoltorykmentissä	15
2.4 Tehtävät ja suorituskyyvaatimukset	19
2.5 Tappioiden muodostuminen	21
2.6 Vammautuneiden luokittelu	23
3 TELELÄÄKETIETEEN KÄSITE	24
3.1 Telelääketieteen määritelmiä	24
3.2 Telelääketieteen jako	28
4 TELELÄÄKETIETEEN TIETOVIRRAT	36
4.1 Yleisen terveydenhuollon tietotekniikka	36
4.1.1 Potilastietojärjestelmät	38
4.1.2 Hallintojärjestelmät	41
4.1.3 Kuvantamisjärjestelmät	42
4.1.4 Erillisjärjestelmät	43
4.2 Millaista tietoa siirretään	45
4.3 Johtopäätökset	49
5 KENTTÄTELELÄÄKETIETEEN JÄRJESTELMIÄ	50
5.1 Medical Communication for Combat Casualty Care (MC4)	50
5.2 Evacuation Support System EVACSYS	55
5.3 Muita telelääketieteessä käytettäviä järjestelmiä	57
5.4 Kansallinen telelääketiede	60
5.4.1 Terveydenhuoltojärjestelmän telelääketiede	60
5.4.2 Palo- ja pelastusalan järjestelmiä	61

6 KENTTÄTELELÄÄKETIETEEN VIESTINTÄARKKITEHTUURI	63
6.1 Arkkitehtuurin määritelmä	63
6.2 Arkkitehtuurin määrittämistä ohjaavia tekijöitä	63
6.3 Standardit	67
6.4 Kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuurin muodostaminen	68
7 TELELÄÄKETIETEEN HYÖDYNTÄMIÄ TEKNIIKOITA JA VÄLINEITÄ	71
7.1 YVI2-kenttäviestijärjestelmä	71
7.1.1 Yleiset ominaisuudet	71
7.1.2 V1-toiminne	72
7.1.2.1 Sanomaliikenne-ohjelma	73
7.1.3 V2-toiminne	74
7.1.4 V3-toiminne	74
7.1.5 Rajapinta yleiseen ja puolustusvoimien viestintäverkkoon	75
7.1.6 Tilaajien liittäminen	75
7.2 Kenttälääkinnän johtamisvälineet prikaati 2005:ssä	75
7.2.1 Lääkintähuollon viestikalusto ja viestivoima	75
7.2.2 Kenttäradiojärjestelmän radiokalusto	76
7.2.3 Huoltopataljoonan radioverkot	78
7.3 Kiinteä viestintäverkko	80
7.3.1 Puolustusvoimien viestintäverkko	80
7.3.1.1 Integroitu tiedustelu, valvonta ja johtamisjärjestelmä (ITVJ)	80
7.3.1.2 Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus	81
7.3.1.3 Liityntälaitteverkko	81
7.3.1.4 Liityntälaitteen puheensiirto-ominaisuudet	85
7.3.2 Alueellisten Viestijoukkojen järjestelmä (ALVI-järjestelmä)	86
7.3.2.1 Linkit, kuidut, solmut	86
7.3.2.2 Miniliityntälaitte	87
7.3.2.3 Viranomaisverkko	88
7.3.3 Yleinen viestintäverkko	90
7.3.3.1 Käytössä oleva linkkikalusto	90
7.3.3.2 Langattomat datansiirtoverkot	92
7.3.3.2.1. PAN-verkot	93
7.3.3.2.2. LAN- ja MAN-verkot	94
7.3.3.2.3. WAN-verkot	97
7.3.4 Satelliittijärjestelmät	102

7.4 Paikannusjärjestelmät	106
7.5 Rajapintojen toteuttaminen	107
8 VIESTINTÄARKKITEHTUURIN TEKNINEN TOTEUTTAMINEN	108
8.1 Evakuointiajoneuvon viestintäjärjestelmät	110
8.2 Ensihoitokeskuksen viestintäjärjestelmät	112
8.3 Kansainvälinen ”kriisikontti”	115
9 ARKKITEHTUURIN MAHDOLLISTAMAT PALVELUT	120
9.1 Maavoimien operatiivisten joukkojen valmiusprikaatit ja ITVJ	120
9.2 Viranomaisradioverkon palvelut	121
9.3 Datansiirtopalvelut kiinteästä viestintäverkosta	123
9.4 Potilasmonitorointijärjestelmä	126
9.4.1 Yleistä	126
9.4.2 Tiedonsiirtomahdollisuudet	127
9.4.3 Digitaalinen kenttäradio	128
9.5 Videoneuvotteluyhteys	130
9.6 Telelääketiede kenttäviestijärjestelmässä	131
10 KOOSTE	131

LYHENTEET

3G	3rd Generation. Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkko
3GPP LTE	Third Generation Partnership Project Long Term Evolution
4G	4th Generation. Neljännen sukupolven matkapuhelinverkko
ABC	Always Best Connected
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ALVI	Alueelliset Viestijoukot
AN	Ambient Network
APACC	Advanced Party Airborne Communication and information system Container
BAN	Body Area Network
BLOS	Beyond Line-Of-Sight
BMIST-J	Battlefield Medical Information System Tactical - Joint
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CDMA2000	Code Division Multiple Access
CHCS II-T	Composite Health Care System II – Theater
CNRA	Combat Net Radio Access
CNRI	Combat Net Radio Interface
COTS	Commercial Off The Shelf
CT	Computer Tomography
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DM/PCM	Delta Modulation/Pulse Code Modulation
DMO	Direct Mode Operation
DNS	Domain Name Server
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EDGE	Enhanced Data for Global Evolution
EDR	Enhanced Data Rate
EEG	Elektroenkefalogrammi, aivosähkökäyrä
EHAS	Ensihoitoasema
EHP	Ensihoitopaikka
EHR	Electronic Health Record

EIC	Electronic Information Carrier
EKG	Elektrokardiogrammi, sydänsähkökäyrä
EMG	Elektromyografia, lihaksen sähkötoiminnan mittaus
EMR	Emergency Response Support
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Euroopan unioni
EVAKE	Evakuoinnin kehittäminen -projekti
FIU	FlexiHopper Indoor Unit
FLASH	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff
FXO	Foreign eXchange Office
FXS	Foreign eXchange Subscriber
GEO	Geosynchronous Earth Orbit
GHz	Gigahertsi
GLONASS	GLObalnaja NAVigatsionnaja Sputnikovaja Sistema
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GOTS	Government Off The Shelf
GPRS	General Packet Radio System
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HF	High Frequency
HL7	Health Level 7
HR	Huoltorykmentti
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSOPA	High Speed OFDM Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INR	International Normalized Ratio
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISI	Inter System Interface
ITU	International Telecommunication Union
ITVJ	Integroitu tiedustelu, valvonta ja johtaminen
Kbit/s	Kilobittiä sekunnissa
KSL	Keskussanomalaite
LAN	Local Area Network

LTE	Long Term Evolution
LV	Lähetin - Vastaanotin
MAN	Metropolitan Area Network
MANET	Mobile Ad-Hoc-Network
Mbit/s	Megabittiä sekunnissa
MC4	Medical Communications for Combat Casualty Care
MDA	Medical Digital Assistant
MHz	Megahertsi
MIMO	Multiple In Multiple Out
MRI	Magnetic Resonance Imaging
MSS	Mobile Subscriber System
NLOS	Non-Line-Of-Sight
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PACS	Picture Archive and Communications System
PAN	Personal Area Network
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PEI	Peripheral Equipment Interface
PIC	Personal Information Carrier
PoE	Power over Ethernet
PSK	Phase Shift Keying
PSTN	Public Switched Telephone Network
PV	Puolustusvoimat
PVJJK	Puolustusvoimien Johtamisjärjestelmäkeskus
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RFID	Radio Frequency Identification
RIS	Radiology Information System
SANLI	Sanomaliikenne-sovellus
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SFP	Small Form factor Pluggable
SHDSL	Super High speed Digital Subscriber Line
SIM	Subscriber Identity Module
SIMO	Single In Multiple Out
STM	Synchronous Transfer Mode

TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDD	Time Division Duplex
TEDS	TETRA Enhanced Data Service
TEKES	Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TIEKE	Tietojärjestelmien ja telelääketieteen kehittäminen -projekti
TMIP	Theatre Medical Information Program
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USAT	Ultra Small Aperture Terminal
USB	Universal Serial Bus
UWB	Ultra Wide Band
VHF	Very High Frequency
VIRVE	Viranomaisradioverkko
VK (T)	Viestikomppania, Tietotekniikka
VoIP	Voice over Internet Protocol
VOK	Verkko-operaatiokeskus
VoWiFi	Voice over Wireless Fidelity Networks
VPN	Virtual Private Network
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WAN	Wide Area Network
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	eXtensible Markup Language
YETT	Yhteiskunnan Elintärkeiden Toimintojen Turvaaminen
YVI2	Yhtymän Viestijärjestelmä 2

KUVAT

KUVA 1: Verkottuminen ja kollaboraatio	5
KUVA 2: Tutkimusympäristö	7
KUVA 3: Tutkimusprosessin eteneminen	9
KUVA 4: Lääkintähuollon johtaminen	11
KUVA 5: Huoltorykmenttitason leikkausasema	14
KUVA 6: Kenttälääkinnän kulku Prikaati 2005:ssä	17
KUVA 7: Prikaati 2005:n Huoltopataljoona	18
KUVA 8: Sähköisten terveyspalvelujen käsitteet	25
KUVA 9: Telelääketieteen jako hoitotasoittain	28
KUVA 10: Telelääketieteen jako osapuolittain	29
KUVA 11: Etälääketieteen (telelääketieteen) osatekijät	31
KUVA 12: Telelääketieteen taksonomia	33
KUVA 13: Kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuri	35
KUVA 14: Navitas-viitetietohakemisto ja sen käyttöperiaate	40
KUVA 15: Telelääketieteen jaottelu vuorovaikutus- ja informaatiotyyppeihin mukaan	48
KUVA 16: MC4 -järjestelmän palvelimia ja reitittimiä	51
KUVA 17: Sähköinen tuntolevy	54
KUVA 18: Kuva tsunamin tietojärjestelmästä	58
KUVA 19: Esitys telelääketieteen rajapintojen toteuttamiseksi	67
KUVA 20: Kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri	69
KUVA 21: Kannettava radio LV 241	77
KUVA 22: Ajoneuvoradio LV 341	77
KUVA 23: Liityntälaittejärjestelmä	82
KUVA 24: Liityntälaitteen rajapinnat	83
KUVA 25: ALVI-järjestelmäkokonaisuus	86
KUVA 26: Liityntälaitemodeemi, miniliityntälaitte	88
KUVA 27: FlexiHopper-järjestelmän peruskokoonpano	91
KUVA 28: FlexiHopper-modeemiyksikkö	92
KUVA 29: Langattomien tiedonsiirtoverkkojen jako	92
KUVA 30: Evakuointiajoneuvon telelääketieteen välineet	111
KUVA 31: Kenttätelelääketieteen hoitoasema	114
KUVA 32: Viestintäkontti, jota Italian armeija käytti Kosovossa	118
KUVA 33: Kenttätelelääketieteen käyttöympäristömatriisi	119
KUVA 34: Liityntälaiteverkko	123

KUVA 35: Mobimed-potilasyksikkö	126
KUVA 36: Mobimed-potilasmonitorointijärjestelmän ominaisuuksia	127
KUVA 37: Mobimed-järjestelmän tiedonsiirtomahdollisuudet	128

TAULUKOT

TAULUKKO 1: Henkilöstötappioiden arviointitaulukko	21
TAULUKKO 2: Tappioiden jakautuminen potilasevakuoinnin kannalta	22
TAULUKKO 3: Esimerkkejä yhteystavoista telelääketieteen käytössä	32
TAULUKKO 4: Lääkintäkomppanian radiot	76

LIITTEET

LIITE 1:	Lääketieteen tietomääriä
LIITE 2:	MC4-järjestelmän viestilaitteita
LIITE 3:	EVACSYS-järjestelmän toimintamalli
LIITE 4:	BMIST-J ja EVACSYS -järjestelmien näyttöjä
LIITE 5:	Käytössä olevia telelääketieteen järjestelmiä
LIITE 6:	Merlot Medi -järjestelmän toimintamalli PYRY-06 -harjoituksessa
LIITE 7:	Sotavarustehyväksytyt liityntälaitteet
LIITE 8:	Miniliityntälaitteiden liityntäraajapinnat
LIITE 9:	Warfare-laskenta kiinteiden mastojen käytettävyydestä ALVI-kalustolla
LIITE 10:	Mobiiliverkkojen datansiirtonopeuksia
LIITE 11:	Swedish ja Explorer 700 -satelliittivastaanottimien tekniset tiedot
LIITE 12:	ACU-tuoteperheen käyttömahdollisuuksia
LIITE 13:	Ensihoitokeskuksen viestijärjestelyt
LIITE 14:	Kriisikontin viestijärjestelyt

KENTTÄTELELÄÄKINNÄN TOTEUTTAMISRATKAISU

1 JOHDANTO

"Telemedicine is a product of the Information age, just as the assembly line was the product of the industrial age."[9]

1.1 Sodan kuva ja puolustusvoimien tehtävät

Läntisen sodan kuva on muuttunut huomattavasti kylmän sodan asetelmasta. Perinteinen massa-armeijoiden välinen taistelu on muuttunut osittain tuntemattomien osapuolten väliseksi kamppailuksi. Vihollista, kuten myös varsinaista sodan tilaa, on yhä vaikeampi tunnistaa. Sodan päämäärät ovat muuttuneet vastakkaisen ideologian leviämisen estämisestä humanitaarisiin tavoitteisiin.[137]

Sota teknistyy ja elävän voiman määrä kentällä vähenee. Taistelutila harvenee. Aseet ovat tehokkaampia, henkilöstöä vähemmän, mutta yksittäisillä henkilöillä ja ryhmillä on yhä enemmän merkitystä. Pienillä ryhmillä on mahdollista saada aikaan suurempiakin tavoitteita kuin taistelun voitto.

Myös Suomalainen sodan kuva on muuttunut [137]. Sodan kuvan muutos on huomioitu myös puolustusvoimien tehtävissä ja tarvittavissa suorituskyvyissä. Lähteen [56] mukaan puolustusvoimilla on kolme tehtävää: Suomen sotilaallinen puolustaminen, muiden viranomaisten tukeminen ja osallistuminen kansainväliseen sotilaalliseen kriisinhallintaan.

Puolustusvoimat liittyy keskeisesti myös Yhteiskunnan Elintärkeiden Toimintojen Turvaamisen (YETT) -strategiaan. Lähteen [156] mukaan "Suomen turvallisuus- ja puolustuspoliitikan päämäärien mukaisesti yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisella osaltaan pidetään yllä valtiollista itsenäisyyttä, yhteiskunnan turvallisuutta ja väestön elinmahdollisuuksia." Lisäksi lähteessä todetaan, että "Sisäasiainministeriö ylläpitää siviilikriisinhallinnan valmiuksia siten, että Suomella on

kyky täyttää kansainvälisiin siviilikriisinhallintatehtäviin annetut sitoumukset, lähettää siviiliasiantuntijoita kansainvälisiin kriisinhallintaoperaatioihin sekä vastata toiminnan edellyttämistä kotimaan valmiuksista. Asiantuntijoidemme soveltuvuus, ammatillinen osaaminen sekä valmiudet näihin tehtäviin ovat korkealla tasolla. Suurissa onnettomuuksissa Suomen pelastustoimi kykenee lähettämään pelastushenkilöstö- ja materiaaliapua kohdealueelle sekä avustamaan alueella olevia suomalaisia. Suomella on myös kyky tarvittaessa ottaa vastaan kansainvälistä pelastusapua.”

Puolustusvoimien merkitys YETT-tehtäväkentässä ei tule vähenemään. Kehitettäessä puolustusvoimia 2010-luvulla on tarkoituksena parantaa sen YETT-tehtävissä tarvittavaa suorituskkyä rauhan, rauhanajan häiriötilanteiden tai poikkeusolojen (ml. sota) aikana: ”Puolustusvoimien henkilöstöä, joukkoja ja materiaalia valmistaudutaan käyttämään entistä tehokkaammin virka-apuun sekä normaalioloissa että erilaisissa häiriötilanteissa...”[145].

Puolustusvoimien tukea muille viranomaisille tarvitaan tilanteissa, joissa muilla viranomaisilla ei ole esimerkiksi puolustusvoimilta löytyvää osaamista tai kalustoa tehtävien suorittamiseen. Suuronnettomuustilanteissa kyseeseen voisi tulla erityisasiantuntijatehtävät, kuten raivaus- ja lääkintähenkilöstö, sekä evakuointien tukeminen helikopteri- ja sairaankuljetuskyvyillä. Lisäksi voitaisiin hyödyntää puolustusvoimien materiaalia, kuten lääkintämateriaalia, sääsuojia, kenttämajoitusvälineistöä, leikkausasemia sekä ensihoitopaikkoja ja -asemia.

Kenttälääkintäjärjestelmä on monikäyttöinen, näkyvä, poliittisesti neutraali ja tehokkaasti käyttöön otettava resurssi niin kotimaan suuronnettomuustilanteissa kuin kansainvälisissä avustustehtävissä. Kenttälääkintäjärjestelmä kyetään aktivoimaan tarpeen mukaan osakokonaisuuksina - yksittäisestä lääkintäajoneuvoista aina leikkaustasoiseen ensihoitokeskukseen asti.

1.2 Kenttälääkinnän verkottuminen

Lääkintähuollon visio: ”Lääkintähuolto järjestää toimivan kenttälääkinnän, turvaa palveluskelpoisuuden ja tukee taistelukykyä tehokkaasti kaikissa olosuhteissa verkottumalla Suomessa ja monikansallisissa ympäristöissä.”[114] Verkottuminen voidaan ymmärtää ainakin toimintamallina, viranomaisyhteistyönä, välineenä, tiedon jakamisena ja teknisinä ratkaisuinä. Lääkintähuollon visio sulautuu hyvin Suomen

puolustusjärjestelmän kehittämiseen, jota rakennetaan verkostoavusteisen sodankäynnin mallin mukaisesti. Verkostoavusteisesta sodankäynnistä käytetään myös nimityksiä verkostokeskeinen sodankäynti (Network Centric Warfare, NCW) ja verkostopuolustus (Network Enabled Defence, NED).

Verkostoavusteinen sodankäynti määritellään seuraavasti: ”Toimintakonsepti, jonka avulla sensoreita, johtoportaita ja joukkoja johdetaan reaaliaikaisesti. Se perustuu tehokkaaseen ja laaja-alaiseen tiedon hankinta-, analysointi- ja -keruujärjestelmään, modulaarisiin suorituskkyisiin joukkoihin, kansainväliseen yhteensopivuuteen sekä kehittyneeseen johtamisjärjestelmään.”[149]

Verkostokeskeisellä sodankäynnillä pyritään kuvaamaan uuden tyyppistä sodankäyntiä, jossa tullaan olemaan vähemmän riippuvaisia yksittäisten alustojen suorituskyyvystä. Sen sijaan suorituskkyä haetaan yhä paremmilla tiedonsiirtoyhteyksillä, jotka lähes reaaliajassa koordinoivat operaatioissa olevien joukkojen kaikkia toimintaan liittyviä osatekijöitä ja järjestelmiä. Verkostokeskeisyyden ytimeä löytyy tärkeänä elementtinä tehokkaiden tiedonsiirtoyhteyksien muodostama verkosta.[140]

Verkostoilla yhdistetään sensorit, päättäjät, eri taistelunjohtajärjestelmät sekä asealustat yhdeksi kokonaisuudeksi. Toiminnalla pyritään parantamaan taistelutehoa, sekä luomaan perusta informaatioylivoiman saamiselle. Tarkoituksena on myös eri komentoketjujen integroiminen toisiinsa, tempon ja yleensäkin toiminnan nopeuttaminen ja maantieteellisesti erillään olevien joukkojen, toimintojen ja toimijoiden välisen koordinoinnin vakiinnuttaminen osaksi normaalia toimintaa. Tekniikalla on mahdollista yhdistää verkostossa lähestulkoon kenet ja minkä tahansa.[140]

Teknisten ratkaisujen lisäksi verkostoavusteinen sodankäynti perustuu yksittäisten ihmisten ja organisaatioiden uudentyyppiseen ajattelutapaan. NCW ei ole kapeasti rajattu tekninen väline, vaan huomattavasti laajempi, informaatioaikakauden sotilaallinen toimintamalli.[4]

Verkostokeskeisen sodankäynnin periaatteet ovat lähteen [5] mukaan seuraavat:

- Vahvasti verkotetut joukot parantavat mahdollisuutta informaation jakamiseen
- Informaation jakaminen ja kollaboraatio muuttavat tiedon laatua ja jaettua tilanneymmärrystä
- Jaettu tilanneymmärrys mahdollistaa itsesynkronoinnin
- Itsesynkronointi puolestaan lisää huomattavasti operaation tehokkuutta.

Kokonaisuutena verkostokeskeisyys liittyy hyvin vahvasti kykyyn valjastaa teknologia palvelemaan sen mahdollistamaa ihmisten luonnollista kommunikointia sekä vuorovaikutusta. Suurin osa verkostokeskeisyyden uusista korostuksista, kuten itseohjautuvuus ja kollaboraatio, ovat itse asiassa hyvin vanhoja menetelmiä. Näin ollen sen teknologian tulee olla mahdollisimman luonnollista, joustavaa ja huomaamatonta.

Kenttälääkinnässä verkottumisen tavoitteena voidaan ajatella olevan lääketieteen kolme keskeistä pilaria: kustannukset, hoidon laatu ja hoidon saatavuus. Kenttälääkinnässä korostuu erityisesti hoidon saatavuus, joka voidaan ymmärtää myös tiedon saatavuutena. Yksinkertaisesti ajateltuna kyse on siis pohjimmiltaan tiedon keräämisestä, taltioimisesta, käsittelemisestä ja siirtämisestä päätöksenteon tueksi. Tietovarannot on kyettävä kytkemään osaksi verkostoa siten, että niiden tietosisältö on kaikkien saatavilla.

Verkostoituminen ja telelääketiede liittyvät hyvin läheisesti toisiinsa, sillä yksi tärkeimpiä verkottumisen (verkostokeskeisen sodankäynnin) hyötyjä ovat mahdollisuus tiedon jakamiseen ja kollaborointiin etäisyyksien päästä. Kollaboraatio on toimintaa, joka tapahtuu kahden tai useamman toimijan välillä. Se viittaa aina yhteisen päämäärän hyväksi työskentelemiseen.[3] Kollaboraatiosta käytetään myös käännöstä "yhteistyöstö". Asiaa on havainnollistettu kuvassa 1.



KUVA 1: Verkottuminen ja kollaboraatio

Verkostoavusteiden sodankäynnin toimintamalli tukee telelääketiedettä ja luo edellytyksiä telelääketieteen toteuttamiselle sekä teknisesti että toiminnallisesti. Kenttälääkinnällä on oltava kyky verkottua puolustusvoimien asiantuntijoiden sekä yleisen terveydenhuollon kanssa. Verkottuminen on keino ja telelääketiede väline asiantuntijuuden jakamiseen silloin, kun osapuolet ovat toisistaan erillään. Kenttälääkintäjärjestelmä on kokonaisuus, joka edellyttää osakokonaisuuksien yhteydessä parhaan tuloksen aikaansaamiseksi. Yhteydessä on oltava hoitoketjun kaltainen, päästä päähän ulottuva saumaton kokonaisuus. Verkottuminen on ratkaisu yhteydessä. Kenttälääkinnän kehittäjien on pidettävä huoli siitä, että kenttälääkinnän hoito- ja tiedonkeruumenetelmät kykenevät hyödyntämään käytössä olevia, verkostopuolustukseen liittyviä mahdollisuuksia.

Aivan samoin kuin verkostokeskeinen sodankäynti edellyttää sotilaallisen kulttuurin muutosta, edellytetään kenttälääkinnältä muutosta digitaalisen kulttuurin suuntaan.

Lähteessä [23] on käsitelty digitaalisen kulttuurin käsitettä. Lähteen mukaan digitaalisuus viittaa tietyn ihmisryhmän tai tiettyjen ihmisryhmien erityiseen elämäntapaan tietynä ajanjaksona. Digitaalisuus voidaan nähdä kulttuurin määrittäjänä, koska se sisällyttää itseensä niin laitteet kuin merkitys- ja viestintäjärjestelmätkin, jotka kaikkein selvimmin erottavat nykyaikaisen elämäntapamme muista elämäntavoista.

Kenttälääkinnässä digitaalinen kulttuuri voidaan ymmärtää tieto- ja tietoliikennetekniikan hyödyntämisenä hoitoprosesseissa. Digitaaliseen kulttuuriin liittyen keskeisin kenttälääkinnän palvelu on digitaalinen hoitotietoketju. Digitaalinen hoitotietoketju alkaa lääkintämiehestä ja päättyy evakuoitisairaalan. Hoitotietoketju mahdollistaa potilaalle tehtyjen hoitotoimenpiteiden kirjaamisen digitaaliseen muotoon kaikilla hoitotasoilla. Digitaalisessa muodossa oleva tieto on jaettavissa tarvitsijoiden kesken, jolloin on mahdollista siirtää tietoa potilaan sijaan, tai ainakin tietoa voidaan siirtää potilasta nopeammin. Digitaalinen hoitotietoketju edellyttää asenteellisia ja toiminnallisia muutoksia sekä teknisiä ratkaisuja.

1.3 Tutkimusongelma ja -ympäristö sekä tutkimuksen rajaukset

Telelääketieteen toteuttamiseksi tarvittavat tekniset edellytykset voidaan jakaa kolmeen osaan:

- välineet potilastiedon keräämiseen
- viestiyhteys tiedon siirtämiseksi asiakkaalta asiantuntijalle
- välineet kerätyn tiedon esittämiseksi ja tallentamiseksi

Työn painopiste on telelääketieteen edellyttämien viestiyhteyksien toteuttamismahdollisuuksissa. Työssä käsitellään telelääketieteen käsitettä, kenttälääkinnän tietovirtoja ja tiedonkeruuvälineitä siinä määrin, että kyetään muodostamaan kuva siitä, minkä tyyppistä tietoa telelääketieteessä siirretään.

Tutkimuksessa ei käsitellä telelääketieteeseen liittyvää lainsäädäntöä, etiikkaa, kustannuksia eikä tietoturvallisuutta koskevia asioita. Työssä ei myöskään oteta kantaa telelääketieteen tarpeellisuudelle kenttälääkinnässä. Työssä käsitellään ainoastaan telelääketieteen yhteystarpeita, joten sovellustason ohjelmistot ja tietojärjestelmät on (esimerkiksi maavoimien tietojärjestelmä) rajattu pois.

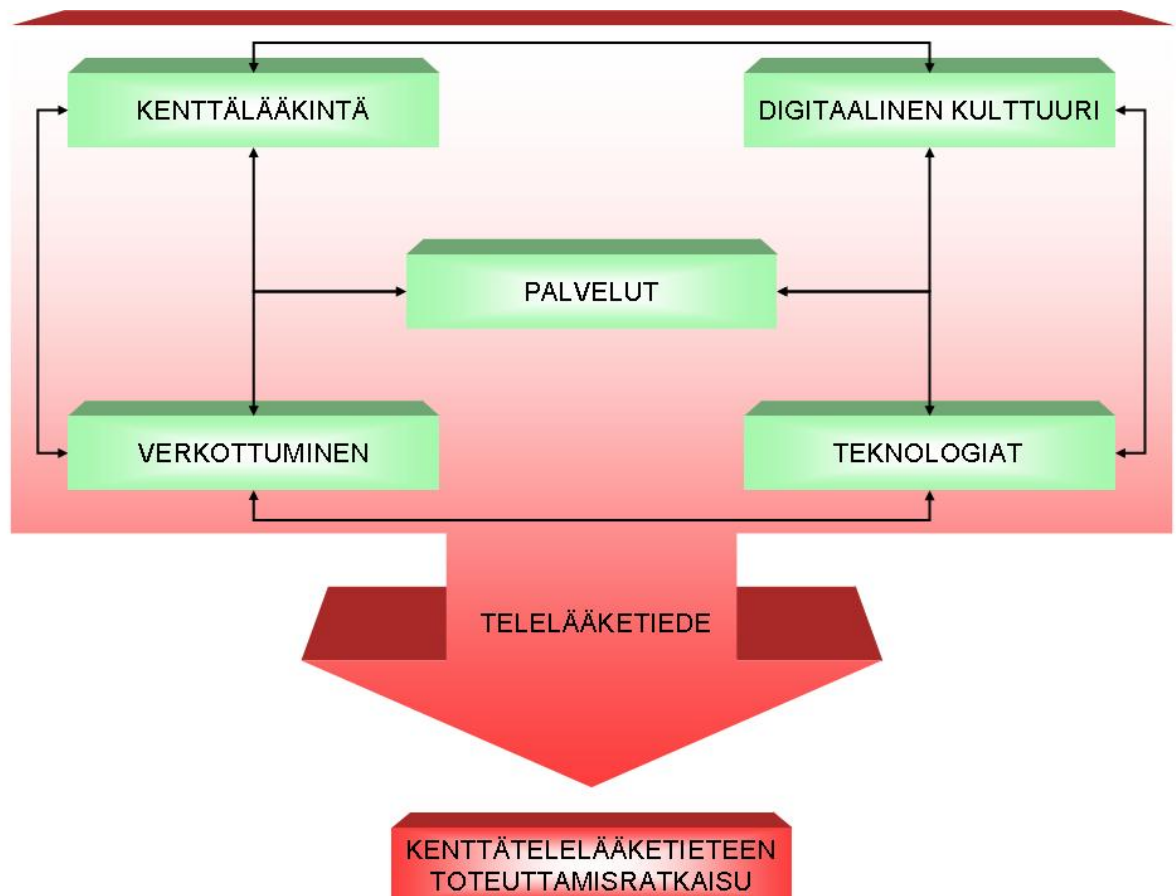
Tutkimuksen päämääränä (=pää tutkimuskysymys) on selvittää, millaisia teknisiä vaatimuksia kenttätelelääketiede edellyttää kenttälääkintäjärjestelmältä ja kuinka kenttätelelääketieteen tarvitsemat yhteydet voidaan toteuttaa?

Tutkimuksen päämäärästä johdetut tutkimuskysymykset ovat:

- Mitä käsite telelääketiede tarkoittaa?
- Millainen on kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri?

- Kuinka kenttätelelääketieteen tarvitsemat yhteydet voidaan toteuttaa kenttälääkinnän eri tason hoitopisteissä?
- Kuinka liityntälaitteperhettä voidaan hyödyntää ensihoitokeskuksen tiedonsiirtoympäristön muodostamisessa?

Kuvassa 2 on esitetty tutkimusympäristö. Tutkimusympäristö muodostuu viidestä keskeisestä käsitteestä, jotka kaikki ovat vuorovaikutussuhteessa toisiinsa. Käsitteiden ohjaamina muodostetaan kenttätelelääketieteen tekniset toteuttamisratkaisut.



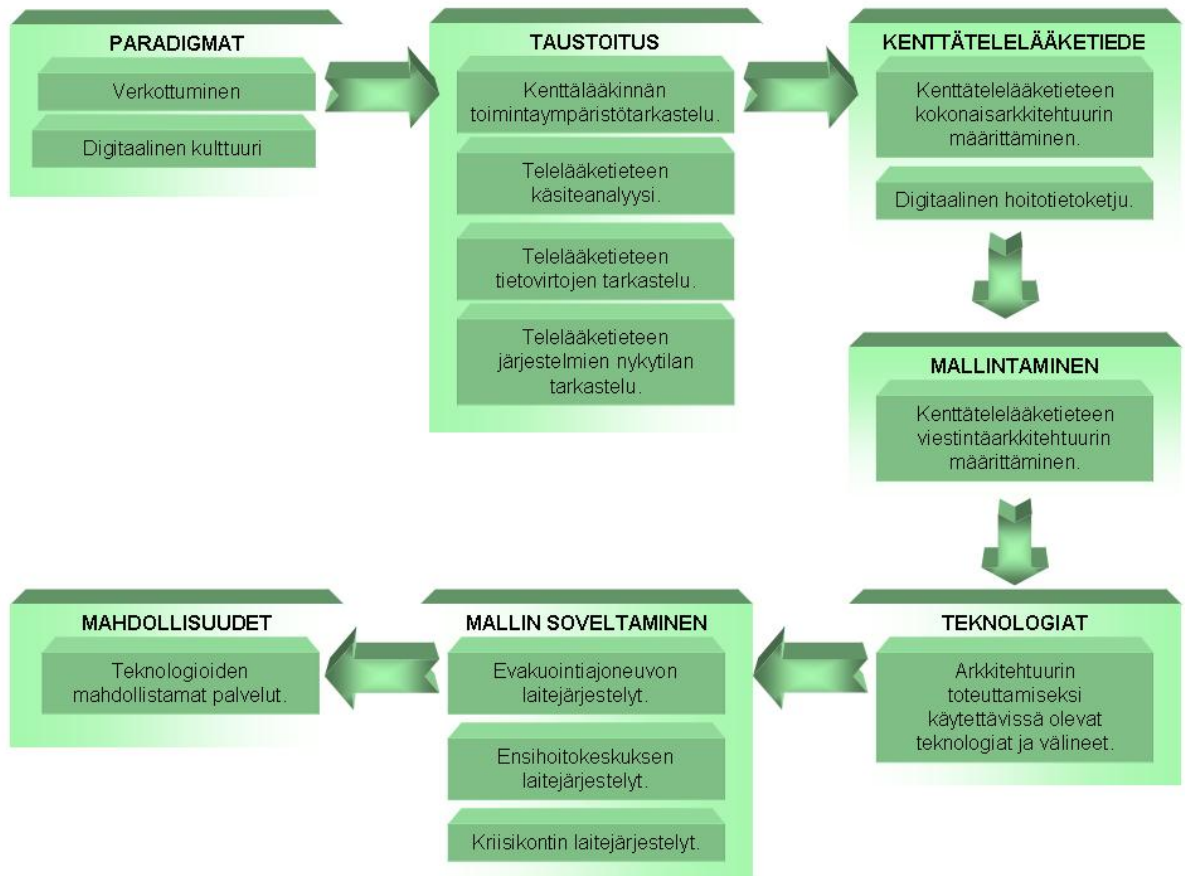
KUVA 2: Tutkimusympäristö

Tutkimusmenetelminä ovat olleet kirjallisuustutkimus, käsiteanalyysi ja asiantuntijahaastattelut. Lisäksi kiinteän viestintäverkon mastojen käytettävyyttä linkkiyhteyksien muodostamiseen on simuloitu Warfare-ohjelmistolla.

Asiantuntijahaastattelujen merkitys on korostunut, sillä huomattava osa tutkimukseen liittyvästä kalustosta on vasta koekäytössä, prototyyppivaiheessa tai niiden käyttöperiaate ja toimintatapamallit ovat luonnosasteella. Haluankin esittää kiitokset saamistani tiedoista seuraaville henkilöille:

- Ylilääkäri Pekka Honkavaara, kehittämisspäällikkö, Sotilaslääketieteen keskus.
- Insinöörimajuri Antti Ojala (evp), osastoinsinööri, Sotilaslääketieteen keskus.
- Lääkintäkapteeni Kari Kesseli, päällikkölääkäri, Hämeen Rykmentti.
- Professori Kari Mäkelä, terveydenhuollon tietotekniikan professori, telelääketieteen laboratorio, Tampereen teknillinen yliopisto.
- Kapteeni Antti Laurila, osastoesiupseeri, kehitysosasto, Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus.
- Insinööriyliluutnantti Aki Tauriainen, järjestelmäinsinööri, Tekninen osasto, Puolustusvoimien Tietotekniikkalaitos.
- Diplomi-insinööri Kimmo Heinäaro, tutkimusinsinööri, Tutkimus- ja Kehittämisosasto, Viesti- ja Sähkötekniikan koulu.

Kuvassa 3 on havainnollistettu tutkimusprosessin etenemistä. Paradigma tarkoittaa jollakin alalla yleisesti hyväksyttyä oppirakennelmaa, ajattelutapaa tai suuntausta. Nykysuomen sanakirjan mukaan paradigma määritellään seuraavasti: "Tieteessä jotain tutkimuksen aluetta hallitseva perusnäkemys, malli, esikuva tai viitekehys, jota sen puitteisiin sopeutuva tutkimus ei aseta kyseenalaiseksi." Paradigma voidaan täsmentää organisaation, tässä tapauksessa lääkintähuoltoalan, jäsenten sisäistämiksi olettamusten, uskomusten ja arvojen joukoksi sekä toimintamalleiksi ja esikuviksi, joita organisaatiossa jäljitellään.



KUVA 3: Tutkimusprosessin eteneminen

Luvut 2-5 sisältävät kenttälääkinnän taustoituksen. Luvussa 2 tarkastellaan kenttälääkinnän toimintaympäristöä. Luvussa 3 analysoidaan telelääketieteeseen liittyviä käsitteitä ja määritellään kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuri, jonka pohjalta mallinnetaan luvussa 6 kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri. Luvussa 4 tarkastellaan telelääketieteen tietovirtoja sekä laadullisesti että määrällisesti. Luvussa 5 esitellään käytössä olevia telelääketieteen järjestelmiä. Luvussa 7 tarkastellaan johtamis-, tieto- ja viestijärjestelmien toteuttamiseksi käytettävissä olevia teknologioita ja välineitä, joista luvussa 8 muodostetaan hoitopisteiden johtamis-, tieto- ja viestijärjestelmien laitejärjestelyt sekä luvussa 9 näiden mahdollistamat palvelut.

1.4 Aikaisemmat tutkimukset

Kenttälääkintää on tutkittu aikaisemmin lähinnä lääketieteellisestä tai taktisesta näkökulmasta. Tutkimukset ovat olleet pääsääntöisesti materiaalihankkeisiin liittyviä lääkintähuolto-osaston johtamia tutkimuksia ja kenttäkokeita tai kadettien opinnäytetöitä. Lääkintähuolto-osaston tutkimukset ovat painottuneet nimenomaan lääkinnällisiin tarpeisiin. Lääkintävälineet onkin kyetty saattamaan vähintään hyvälle

tasolle, vaikka rahallisten resurssien puutteessa hoitovälineiden määrästä on jouduttu tinkimään.

Kadettien työt ovat painottuneet kenttälääkinnän taktiikkaan sekä evakuointikyvyn kehittämiseen. Kenttälääkintää ei ole aikaisemmin tutkittu viestiteknisestä tai johtamisen näkökulmasta. Tästä johtuen kenttälääkinnän johtamisvälineet ja tieto- ja viestinsiirtotekniikan hyödyntäminen kenttälääkinnässä on jäänyt taka-alalle. Rauhan ajan harjoituksissa lääkintähuollon viestijärjestelyt ovat toteutettu varman päälle, joten kenttälääkinnän johtamis-, tieto- ja viestijärjestelmillä ei ole ollut mahdollisuuttakaan kehittyä, tai kenenkään niitä kehittää käytännön kokemuksiin perustuen.

Yleisen terveydenhuollon puolella tietotekniikan hyödyntämistä hoitoprosesseissa on tutkittu hyvinkin paljon. Terveydenhuollon tietojärjestelmistä on tehty lukuisia tutkimuksia, diplomitöitä ja raportteja. Telelääketieteen käytöstä on kokemuksia jo usean vuoden ajalta [147]. Merkittävimmät tämän hetkiset yleisen terveydenhuollon muutokset koskettavat sähköisen potilastietojärjestelmän sekä sähköisen reseptin kehittämistä osana EU:n laajuista e-health-ohjelmaa.

Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) alaisuudessa toimivan Telelääketieteen laboratorion tutkimustoiminta liittyy läheisesti tämän tutkimuksen aihepiiriin. TTY:n hankkeita ovat ainakin sairaalaympäristön langattomat järjestelmät ja päätelaitteet sekä Mobile Telemedical Unit -hanke. Hanke jatkuu tällä hetkellä TEKES (Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus) -hankkeena, jossa suunnitellaan siirrettävää sairaanhoitoyksikköä onnettomuus- ja katastrofialueille. Hankkeen jatkovalmistelu on meneillään tavoitteena rakentaa toimiva prototyyppi.

Osana TEKES:n rahoittamaan FinnWell -terveydenhuollon teknologiaohjelmaa 2004–2009 on Oulussa kehitetty langaton sairaala -käsité. Siihen liittyvä tutkimustoiminta on osin hyödynnettävissä myös kenttälääkinnän toimintaympäristössä.

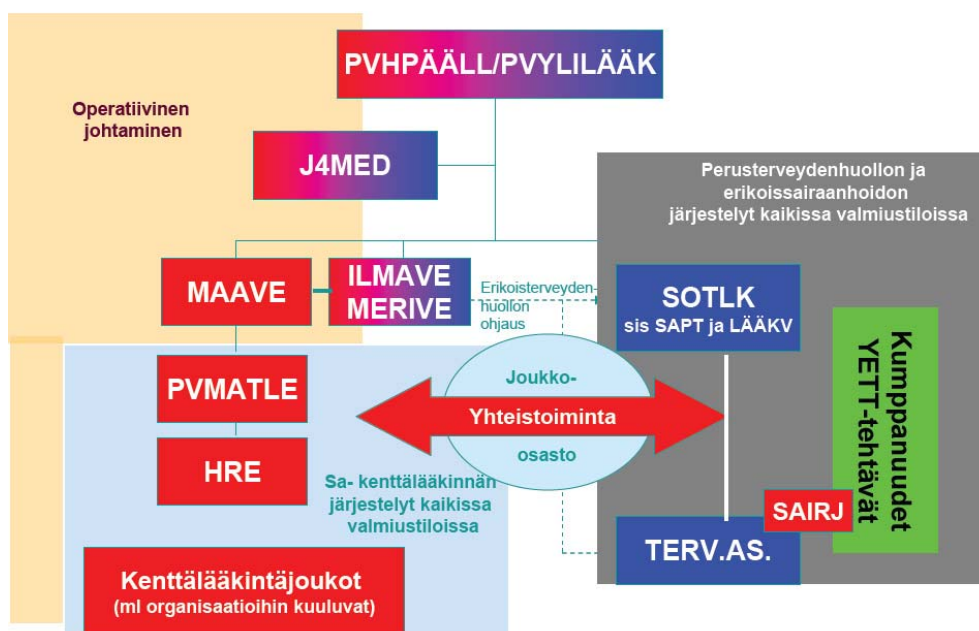
Kansainvälisesti tarkasteltuna erityisesti Yhdysvallat, Norja ja Saksa ovat erittäin pitkällä kenttälääkinnän tiedonsiirtojärjestelmien tutkimuksessa ja kehittämisessä.

Saksassa kenttälääkintä on jopa oma aselaji. Yhdysvaltain ja Norjan kenttälääkintäjärjestelmät ovat olleet taustavaikuttajana tässä tutkimuksessa.

2 KENTTÄLÄÄKINNÄN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Kenttälääkinnän kehittäminen

Puolustusvoimat (PV) tukeutuu poikkeusolojen lääkäntähuollossa valtakunnan yleiseen terveydenhuoltoon ja erityisesti sen erikoislääkärijohtoiseen sairaalajärjestelmään, mutta vastaa itse ensiavusta ja ensihoidosta kenttäoloissa ja joukkojen muusta ensivaiheen terveydenhuollosta sekä potilaiden sairaankuljetuksesta evakuointisairaalaan.[112]



KUVA 4: Lääkäntähuollon johtaminen [68]

Puolustusvoimat toimii erittäin läheisessä yhteistyössä yleisen terveydenhuollon kanssa. Puolustusvoimat ostaa kumppanuussopimuksen perusteella erikoislääkäripalveluita 15 sairaanhoitopiiriltä (2005–2006). Biouhkien osaamiskeskus (BUOS) on toinen näkyvä yhteistyön muoto. Sosiaali- ja terveysministeriön sekä Puolustusministeriön myötävaikutuksella puolustusvoimat ja Kansanterveyslaitos ovat käynnistäneet yhteistyön tavoitteena kohentaa biouhkien varautumista ja niiden hallintaa. Lisäksi puolustusvoimat antaa asiantuntija-apua poikkeusolojen suunnitteluun. Yhteistoimintaa koordinoi Sotilaslääketieteen keskus.

Sotilaslääketieteen Keskuksen päätehtävä on kenttälääkinnän suunnittelu-, kehittämis- ja kokeilutoiminta sekä lääkäntähuollon, kenttälääkinnän ja

katastrofilääkinnän koulutus ja ohjaus. Sen tehtäviin kuuluu myös sotilaslääketieteen ja BC-suojelulääkinnän tutkimus- ja kehittämistoiminta sekä niiden ohjaus. Verkottuminen muiden koti- ja ulkomaisten asiantuntijalaitosten kanssa on erityisen tärkeää tämän tehtävän toteuttamisessa. Keskus vastaa asevelvollisten ja palkatun henkilöstön palveluskelpoisuuden arvioinneista ja osaltaan palvelusturvallisuuden ja toimintakyvyn ylläpitämisestä. Ilmailun osalta keskus toimii kansallisena ilmailulääketieteen keskuksena. Lääkintähuollon ja sen kumppanuustoiminnan ammatillinen ohjaaminen, koulutustoiminta ja laadunvalvonta kuuluvat samoin keskuksen tehtäviin. Sotilaslääketieteen Keskuksella tulee olemaan rooli myös lääkintähuollon kansainvälisessä toiminnassa. Merkittävin muutos Keskussotilassairaalaan verrattuna on, että Sotilaslääketieteen Keskus ei ole enää hoitava sairaala vaan tutkimus- ja koulutuskeskus.[69]

Kenttälääkinnän vision mukaan joukkoihin kiinteästi kuuluva kenttälääkinnän perusorganisaatio on kevyt ja mitoitettu vain taistelutoiminnan ulkopuolisia tarpeita varten. Taistelutoimintaa varten kenttälääkintää täydennetään liikkuvilla lääkintähuollon joukoilla, jotka pystyvät joustavasti etupainotteiseen ensihoitoon ja hätäkirurgiaan sekä potilasevakuointeihin. Liikkuvilla lääkintähuollon joukoilla luodaan lääkintähuollon painopiste sekä lääkintähuollon reservi.[114]

Kenttälääkinnän suorituskyykyvaatimusten, organisaatioiden, tehtävien, toimintaperiaatteiden, materiaalin, koulutuksen ja tutkimuksen kehittäminen on yhdistetty puolustusvoimien ylilääkärin omistamaksi kenttälääkinnän kehittämishankkeeksi. Hanke kuuluu huollon ja logistiikan kehittämisohjelmaan ja se sisältää kaikkiaan 14 projektia [111]. Näistä projekteista suoraan tähän tutkimukseen liittyy kenttälääkinnän tietojärjestelmien ja telelääketieteen kehittäminen (TIEKE), sekä osittain myös kenttälääkinnän evakuointikyvyn kehittämisprojekti (EVAKE).

Kenttälääkinnän kehittämishankkeella pyritään siihen, että kenttälääkinnässä hoidon taso on mahdollisimman lähellä rauhan ajan standardeja sekä ensiapu ja kirurginen ensihoito ovat mahdollisimman etupainotteisia. Tavoitteena on saada potilas lääkäritason ensihoitoon tunnin kuluessa ja kirurgiseen ensihoitoon kuuden tunnin kuluessa.[113]

Kehittämishankkeen myötä kenttälääkintäjärjestelmän lääkintätekninen materiaali on saatu kehitettyä erittäin korkeatasoiseksi. Lääkintähuollon ongelma onkin tilannetietoisuuden puute, tilannereagointi, logistiikka ja tiedon keräämiseen, taltiointiin sekä jakamiseen liittyvät toimintamallit ja välineistö (johtamis-, tieto- ja viestijärjestelmät).

Tilannetietoisuus on toimivan lääkintähuollon perusta sekä rauhan että sodan aikana. Tällä hetkellä puolustusvoimilla ei ole reaaliaikaista lääkintähuollon tilannekuvaa. Tietoa saadaan määräaikaishavainnoilla ja yksittäisissä tapauksissa suorilla tilanneilmoituksilla. Ne eivät kuitenkaan mahdollista aktiivista reaaliaikaista johtamista. Kenttälääkinnässä reaaliaikaisella tilannekuvalla voidaan lääkintähuollon resursseista puristaa irti paljon enemmän kuin aikaisemmin. Verkottuminen ja verkostoavusteinen sodankäynti tukee tätä tavoitetta.

Kenttälääkinnällä ei ole käytössä johtamis- ja tietojärjestelmiä, jotka mahdollistaisivat järjestelmällisen, sähköiseen muotoon kerätyn potilastiedon taltiointin ja jakelun tietoturvallisesti. Kenttälääkinnällä ei myöskään ole kykyä telelääketieteen hyödyntämiseen, ei kansallisissa eikä kansainvälisissä operaatioissa. Kun aikaa ja resursseja on vähän ja päätökset tehtävä nopeasti, tarvitaan teknisiä apuvälineitä johtamisen nopeuttamiseksi ja informaation siirtämiseksi tarvitsijoille.

2.2 Ensihoitokeskus

Prikaatin taistelua voidaan tukea huoltorykmentin lääkintähuoltokomppanialla tai sen osilla. Lääkintähuoltokomppaniaan kuuluu komento- ja huoltojoukkueen lisäksi liukuva määrä ensihoito-, evakuointi-, leikkaus-, ympäristönvalvonta- ja sairaalajoukkueita. Lääkintähuoltokomppanian päätehtävä on henkeä ja raajaa pelastava ensihoito, evakuointikelpoisuuden varmistaminen ja evakuoinnit.[30]

Ensihoito-, evakuointi- ja leikkausjoukkueen muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan ensihoitokeskukseksi. Ensihoitokeskus jakautuu tarvittaessa kahdeksi leikkausasemaksi, joissa kummassakin on neljä merikuljetuskonttia ja näihin liittyvät ilmakaariteltat.

Kuvassa 5 on huoltorykmentin leikkausasema. Vasemmassa päädyssä on triage-alue ja oikeassa päässä hoito- ja evakuoinnin odottelualue. Toimenpide-, valvonta-, huolto- ja varastotilat ovat merikuljetuskonteissa.



KUVA 5: Huoltorykmenttitason leikkausasema

Leikkausaseman toiminnallisia alueita ovat: triage, ensihoito- ja valmistelutila, leikkaussali ja heräämö, välinehuolto ja varasto, optio vuodeosastosta, lämmintä tilaa potilasvirtojen puskurointiin ja evakuoinnin odottamiseen sekä henkilökunnan majoitustilat. Tilanteen salliessa pyritään hyödyntämään valmiita, kiinteitä ja lämpimiä tiloja, mutta tarvittaessa leikkausasema pystyy toimimaan maastossa täysin omavaraisesti omalla varustuksellaan.

Leikkausaseman toimiessa maastossa hoitotilat ovat ilmakaariteltoilla yhdistetyissä merikuljetuskonteissa. Metallisissa, uretaanivaahdolla eristetyissä konteissa on webasto-tyyppinen vesipatterilämmitys, ilmastointi ja vikavirtasuojattu sähköistys. Kriittiset sähköpisteet on varmennettu akkusyötöllä. Lisäksi konteissa on vesipisteet. Ilmakaariteltoissa on öljypolttimin toimiva ilmapuhalluslämmitys tai pelkkä tuuletus. Leikkausasema liikkuu omin ajoneuvoin. Sen toimintakuntoon saattaminen kestää enintään 2 tuntia ja siirtokuntoon saattaminen vie 2–6 tuntia.

Leikkaussalikonissa on leikkaussalivarustus: yksi leikkauspöytä, anestesiavälineistö ja lääkintämateriaalivarastot, jotka riittävät kolmen ensimmäisen potilaan hoitoon ilman täydennystä. Jatkossa tukeudutaan varasto- ja huoltokontteihin. Leikkaussalikonissa pystytään aloittamaan toiminta alle 10 minuutissa.

Hoitokontti on varusteiltaan neljän potilaan valvonta- ja neljän potilaan hoitoyksikkö, jossa on riittävä monitorointi- ja potilaan lämmitysvarustus (hypotermian hoito). Se on toimintavalmis noin 10 minuutissa paikalleen laskusta. Hoitokontin varastot riittävät 4–6 ensimmäisen potilaan hoitoon, jatkossa tukeudutaan varasto- ja huoltokontteihin.

Välinehuoltokontissa on instrumenttipesukone, kuumasauamaaja, autoklaavi, steriilivarasto, käänteisosmoosi vedenpuhdistuslaitteisto (teho 5000 l/vrk), paineilmakompressori sekä koko leikkausaseman dieselvoimakone (65 kW). Lisäksi leikkausasemalla on hinattava varavoimakone (45 kW).

Varastokontissa on kertakäyttömateriaalia varastoituna tehdaspakkauksiin leikkausaseman omaan käyttöön, lääkkeitä, nesteet sekä niiden täydennysvara alaportaille ja verituotteet. Materiaalia on keskimäärin kolmen vuorokauden toimintaa varten.

Lääkintähuoltokomppaniassa ei ole omaa, leikkausasemakohtaista laboratoriotaan, mutta kummankin leikkausaseman sairaanhoitajista koulutetaan kaksi oman toimen ohella tekemään sekä verensiirron soveltuvuuskokeita että perustestejä (veriryhmä, ristikoe, hematokriitti, hemoglobiini ja yksinkertaisia liuskamäärytyksiä). Lisäksi nämä samat hoitajat ylläpitävät leikkausaseman verivarastoa anestesia-lääkärin ohjeistuksen mukaan. Kenttäsairaalaan poiketen leikkausasemat ottavat alkuvaraston verituotteita perustamispaikaltaan mukaansa jo ennen sotavalmius-tarkastusta.

2.3 Kenttälääkinnän järjestelyt valmiusprikaatissa ja huoltorykmentissä

Prikaati 2005 on maavoimien valmiusprikaati, jota käytetään ratkaisutaisteluissa osana ylemmän johtoportaalan sotatointia koko valtakunnan alueella. Valmiusprikaateja on kolme, joista tässä työssä tarkastellaan Porin Jääkäriprikaattia.

Prikaati kykenee 4-5 vuorokauden kiivaisiin taisteluihin ja 2-3 vuorokauden huollon jälkeen suorittamaan uuden tehtävän, kun joukkoa on vahvennettu [135].

Prikaatin kokonaisvahvuus on noin 5800 henkilöä. Lisäksi yhtymälle voidaan alistaa 1-3 joukkoyksikköä ja aselajijoukkoja.

Prikaati 2005 on erittäin liikkuva yhtymä. Sen iskuvoiman muodostaa kolme jääkäripataljoonaa. Muita Prikaati 2005:een kuuluvia joukkoja ovat esikunta- ja viestipataljoona, panssarintorjuntaohjuskomppania, ilmatorjuntapatteristo, pioneeripataljoona, tykistöpatteristo ja huoltopataljoona.

Valmiusprikaatien kenttälääkinnän periaatteita on huomattavasti kehitetty ja toimintakykyä tehostettu kansainvälisten vaatimusten ja kokemusten perusteella aiempiin kenttälääkintäjoukkoihin verrattuna. Valmiusprikaatiin on sijoitettu yhteensä 45 lääkäriä, 60 lääkintäaliupseeria, 180 lääkintämiestä sekä 10 sairaanhoitajaa. Valmiusprikaatiin sijoitettavilla lääkintäaliupseereilla ja lääkintämiehillä tulee olla tehtävään soveltuva terveydenhuollon tutkinto suoritettuna ennen tehtävään sijoittamista.

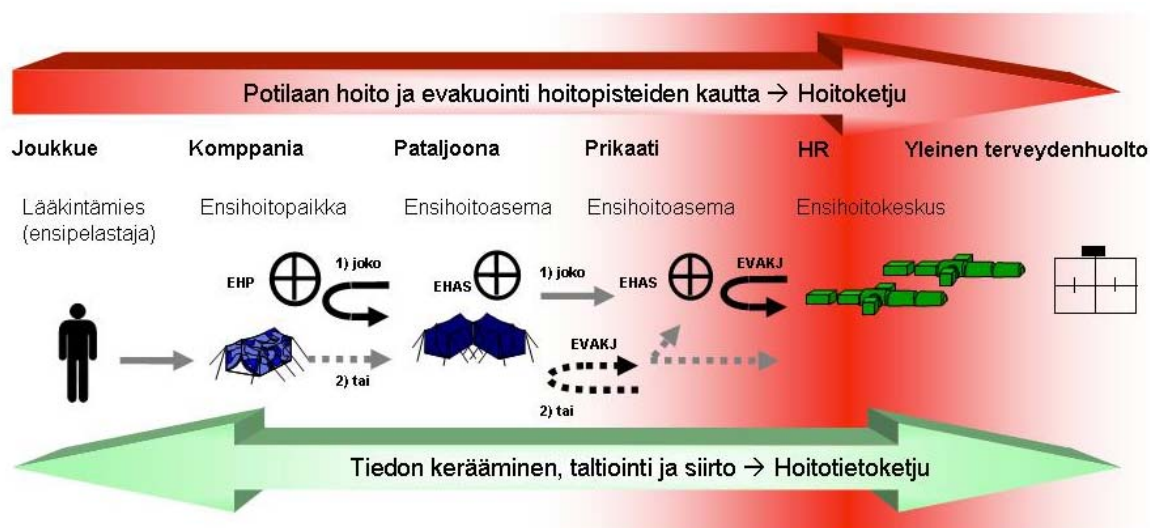
Tehokas ja taktisesti mukautettava kenttälääkintäjärjestelmä on tarpeen taistelukentän tulivoiman ja joukkojen nopean liikkumisen vuoksi, mutta myös haavoittuneiden sekä taistelukyvyttömien taistelijoiden evakuoimiseksi. Tehokas kenttälääkintä parantaa joukon luottamusta ja motivaatiota. Varsinaisten taistelijoiden ja joukon ajoneuvojen sitoutuminen epätarkoituksenmukaisella tavalla evakuointeihin puolestaan heikentää joukon suorituskykyä.

Kenttälääkintäjärjestelmä on lääkintähuollon toimipaikkojen ketju, joka alkaa joukkueesta ja päättyy evakuointisairaalaan. Potilaita kuljetetaan etulinjasta kohti evakuointisairaalaan ja potilaiden hoidossa tarvittavaa lääkintämateriaalia paluukuljetuksina päinvastaiseen suuntaan.

Kenttälääkinnän päätehtävänä on haavoittuneiden ja vakavasti sairaiden ensiapu ja ensihoito. Tähän kuuluu myös hengen ja raajan pelastamiseksi sekä kuljetuskelpoisuuden turvaamiseksi vaadittavat hätäkirurgiset toimenpiteet kenttäoloissa. Toinen päätehtävä on potilaiden evakuointi kenttälääkintäjärjestelmästä evakuointisairaalaan.

Lääkärin antama ensihoito ja hätäkirurgia on järjestettävä etupainotteisesti mahdollisimman lähelle haavoittumispaikkaa. Haavoittunut on evakuoitava tunnin kuluessa lääkäritasoiseen hoitoon ja viimeistään kuuden tunnin kuluessa kirurgiseen ensihoitoon. Hoidon on oltava katkeamatonta läpi evakuointiketjun.

Kentällä haavoittuneelle tai vakavasti sairaalle annetun ensiavun ja ensihoidon jälkeinen hoito keskitetään sotilaspotilaiden osalta evakuointisairaaloihin. Evakuointisairaalaan voidaan käyttää mitä tahansa alueellisesti soveltuvaa ja asianmukaiset hoitomahdollisuudet omaavaa poikkeusolojen sairaalajärjestelmän siviilisairaalaan. Tavoitteena on, että potilasvirtoja ohjaamalla potilaat pääsevät mahdollisimman nopeasti hoitoon ja kutakin evakuointisairaalaan kuormitetaan sen kulloisetkin resurssit huomioiden. Potilaiden hoitovastuu vaihtuu evakuointisairaalaan puolustusvoimilta yleiselle terveydenhuollolle.



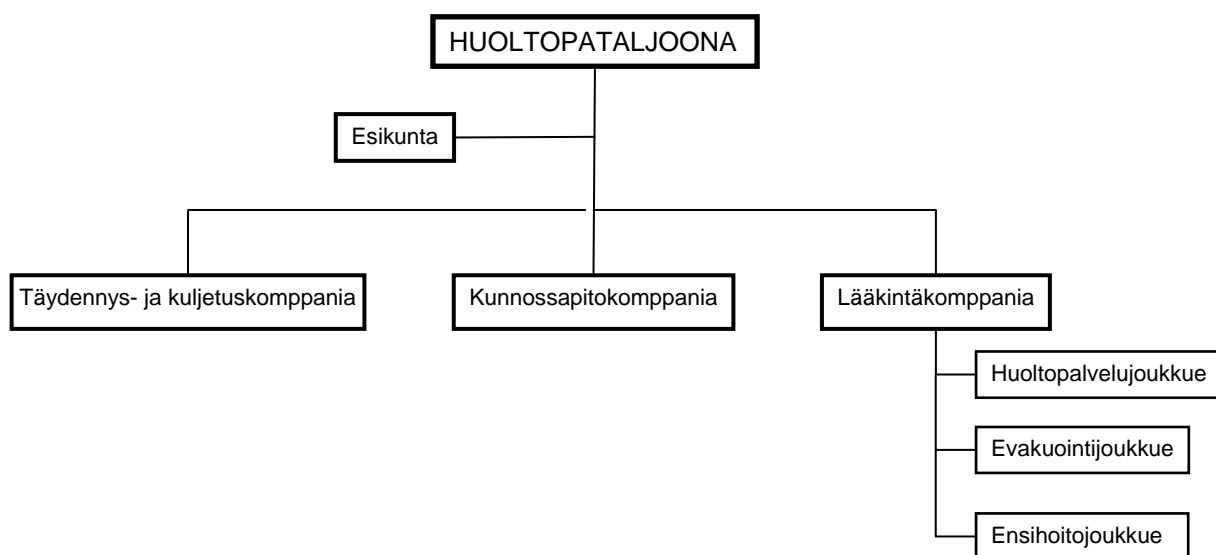
KUVA 6: Kenttälääkinnän kulku Prikaati 2005:ssä

Prikaati 2005:ssä lääkintämies vastaa joukkueen kenttälääkinnästä. Joukkueen lääkintämies perustaa hoitopaikan (HP) hätäensiapurinkkansa avulla ja samalla huolehtii joukkueensa perusterveydenhuollosta ja hygienian noudattamisesta. Hän ohjaa myös taistelijaparien toimintaa haavoittuneiden hoidossa sekä evakuoinnissa.

Perusyksikön lääkintäryhmä perustaa ensihoitopaikan. Kokoonpanoon kuuluu lääkäri, lääkintäaliupseeri sekä kolme lääkintämiestä. Tavoitteena on, että kaikki ovat terveydenhuollon ammattihenkilöitä. Omaa ajoneuvoa ei ole, vaan potilaat evakuoidaan ensisijaisesti noutamalla heidät joukkoyksikön ensihoitoaseman ajoneuvoilla, tai toissijaisesti lähettämällä heidät perusyksikön ajoneuvolla.

ensihoitoasemalle. Ensihoitopaikka perustetaan muutamia satoja metrejä taistelevan joukon taakse ja sillä tulee olla kykyä joustavaan siirtymiseen. Ensihoitopaikan päätehtävä on antaa lääkäritason ensihoitoa haavoittuneille.

Ensihoitoryhmä ja evakuointiryhmä muodostavat joukkoyksikön lääkintäjoukkueen. Henkilöstö koostuu kahdesta lääkäristä, kolmesta aliupseerista ja kymmenestä lääkintämiehestä. Lääkintäjoukkueen perustaman ensihoitoaseman ensisijainen tehtävä on potilasevakuointi. Ensihoitoaseman kalustoon kuuluu ilmakaariteltoja, kevennetty leikkaussalivarustus ja ensihoitovälineistöä sekä omaan että alajohtoportaiden käyttöön. Ensihoitoasema noutaa potilaita perusyksikön ensihoitopaikalta ja evakuoi nämä joko prikaatin ensihoitoasemalle tai suoraan evakuointisairaalaan. Evakuointiin voidaan tarvittaessa saada tukea huoltopataljoonan tai ylemmän johtoportaan evakuointijoukkueesta.



KUVA 7: Prikaati 2005:n Huoltopataljoona

Kuvan 7 organisaatio poikkeaa harjoitusvahvuus A1:ssä esitetystä Porin Jääkäriprikaatin organisaatiosta. Prikaatin lääkintäkomppaniassa ei ole leikkausjoukkuetta. Prikaatitason lääkintäkomppaniat perustavat ensihoitoaseman. Huoltorykmenttien lääkintähuoltokomppaniat perustavat ensihoitokeskuksen, josta löytyy leikkausjoukkue.[151]

Huoltopataljoona perustaa prikaatin huoltokeskuksen. Se ryhmitetään yleensä yhteen huoltokeskukseen, mutta se pystyy tarvittaessa jakaantumaan tilapäisesti kahteen

osaan. Pataljoona kykenee siirtymään omilla ajoneuvoillaan määrävahvuinen materiaali ja henkilöstö mukanaan. Pataljoonan siirto tapahtuu portaittain huoltokyvyn varmistamiseksi. Siirron aikana osa huoltopaikoista on toimintavalmiina ja osa siirtyy portaittain uudelle toiminta-alueelle. Esikunta- ja viestipataljoona liittyy huoltopataljoonan prikaatin viestijärjestelmään.[135]

Valmiusprikaatin huoltopataljoonan lääkintäkomppania vastaa pääsääntöisesti selustajoukkojen lääkintähuollon järjestämisestä. Lääkintäkomppanian ensihoitajoukkue perustaa ensihoitoaseman. Lääkintäkomppania kykenee järjestämään henkeäpelastavan kirurgisen ensihoidon 15–20 potilaalle vuorokaudessa. Lisäksi se kykenee tukemaan alajohtoportaita potilasevakuoinneilla.[151] Evakuointijoukkue vastaa potilaiden evakuoinnista ensihoitoasemalta ja kenttäjoukkojen lääkintähuoltopaikoista evakuointisairaalaan. Evakuointijoukkue kykenee evakuoimaan 100 potilasta yhtenä kertasuorituksena.

Evakuointi taistelukentältä taaksepäin on suuri haaste. Puutteellinen evakuointijärjestelmä voi johtaa toimivan joukon suorituskyvyn merkittävään alenemiseen taistelijoiden ja ajoneuvojen sitoutuessa potilaskuljetuksiin. Toimimaton sairaankuljetus tukehduuttaa koko kenttälääkintäjärjestelmän. Kenttälääkintä tarvitsee tehokasta johtamista ja johtamisvälineitä läpi koko organisaation.

2.4 Tehtävät ja suorituskyyvaatimukset

Kenttälääkintäjärjestelmä on hoitopisteiden muodostama ketju. Eri tason hoitopisteet poikkeavat toisistaan sekä materiaalin että henkilöstön, ja siten myös suorituskyvyn osalta. Alla on lueteltu eri tason hoitopisteiden tärkeimmät lääkintähuoltoon liittyvät tehtävät ja suorituskyyvaatimukset:[113]

Lääkintähuollon tehtävät joukkoyksikössä (Ensihoitajoukkue/EHAS):

- Ensihoitajoukkueen tulee kyetä käsittelemään 6 vaikeasti haavoittunutta ja 20 muuta haavoittunutta tunnissa.
- Ensihoitajoukkueen tulee kyetä evakuoimaan taistelun jälkeen kaikki haavoittuneet perusyhtymän lääkintäkomppaniaan 8 tunnissa tai evakuointisairaalaan 10 tunnissa.
- Leikkausryhmän tulee kyetä suorittamaan yksi hätäkirurginen toimenpide tunnissa.

- Evakuointiryhmän tulee kyetä tuottamaan evakuointisuorituksia vuorokaudessa keskimäärin 200 km/ajoneuvo ja evakuoimaan 20 potilasta yhdellä suorituskerralla.
- Evakuointiryhmän tulee kyetä noutamaan haavoittuneita ensihoitopaikoilta.

Lääkintähuollon tehtävät prikaatissa (Lääkintäkomppania):

- Ensihoitjoukkueen tulee kyetä hoitamaan 6 vaikeasti haavoittunutta ja 20 muuta haavoittunutta tunnissa.
- Leikkausryhmän tulee kyetä suorittamaan yksi hätäkirurginen toimenpide tunnissa.
- Evakuointijoukkueen tulee kyetä tuottamaan evakuointisuorituksia vuorokaudessa keskimäärin 500 km/ajoneuvo ja evakuoimaan 100 potilasta yhdellä suorituskerralla.
- Evakuointijoukkueen tulee kyetä noutamaan haavoittuneita ensihoitoasemilta ja panssaroidun evakuointiryhmän ensihoitopaikoilta
- Evakuointijoukkueen tulee kyetä evakuoimaan taistelun jälkeen kaikki haavoittuneet huoltorykmenttiin 8 tunnissa tai evakuointisairaalaan 10 tunnissa.
- Lääkintäkomppanian tulee kyetä valvomaan ja ohjaamaan prikaatin terveydenhoitoa etenkin tarttuvien tautien torjuntaa ja kenttähygieniää.

Lääkintähuollon tehtävät huoltorykmentissä (Lääkintähuoltokomppania)

- Perustehtävät (NATO role2)
 - haavoittuneiden vastaanotto ja lajittelu
 - rajoitettu vuodehoitokapasiteetti
 - potilasevakuointi
 - lääkintämateriaalin täydentäminen
- Laajennetut tehtävät (NATO role2+)
 - hätäkirurgia
 - teho- ja postoperatiivinen hoito
 - laboratoriotointi, peruskuvantaminen (röntgen, ultraääni)
 - verensiirrot
 - suukirurginen ensihoito

- Lääkintähuoltokomppanian tulee kyetä suorittamaan 30 henkeä ja raajaa pelastavaa hätäkirurgista toimenpidettä vuorokaudessa ja käsittelemään 200-300 muuta potilasta vuorokaudessa.
- Lääkintähuoltokomppanian evakuointijoukkueen tulee kyetä tuottamaan evakuointisuorituksia vuorokaudessa keskimäärin 600 km/ajoneuvo ja evakuoimaan 100 potilasta yhdellä suorituskerralla.
- Lääkintähuoltokomppanian tulee kyetä tukemaan taisteluosastoja (vast) erillisellä ensihoito- ja evakuointijoukkueella.
- Lääkintähuoltokomppanian sairaalajoukkueen tulee kyetä suorittamaan kenttälääkinnän materiaalitäydennyksiä.
- Lääkintähuoltokomppanian tulee kyetä valvomaan ja ohjaamaan terveydenhoitoa etenkin tarttuvien tautien torjuntaa ja kenttähygieniää.

Edellä mainituista suorituskyykyvaatimuksista voidaan havaita, että tietojärjestelmiä ja tiedonsiirtoa voidaan hyödyntää hyvin monessa paikassa hoidon laadun ja hoidon tavoitettavuuden parantamiseksi. Tämän päivän sairaala ei tule toimeen ilman tietojärjestelmiä ja tiedonsiirtoyhteyksiä. Koska kenttälääkinnän tavoitteena on mahdollisimman lähellä rauhan ajan standardeja oleva hoidon taso, voidaan olettaa, että toimiva kenttälääkintäjärjestelmä tarvitsee myös johtamis-, tieto- ja viestijärjestelmät sekä tiedonsiirtoyhteydet. Hoitotietoketjun mahdollistamiseksi niiden on oltava yhteensopivia yleisen terveydenhuollon kanssa.

2.5 Tappioiden muodostuminen

Tämä luku perustuu pääsääntöisesti lähteisiin [94] ja [117].

Lääkintähuollon suorituskyykyä ja kuljetuskapasiteettia arvioitaessa käytetään henkilöstötappioiden arvioinnissa alla olevan taulukon mukaisia arvioita. Arviot on tehty pataljoonan rivivahvuuksien perusteella.

TAISTELUN LUONNE	TAPPIOPROSENTTI/VRK	LUKUMÄÄRÄ/VRK
Kevyt taistelu	1 - 5 %	10 – 45 henkilöä
Keskimääräinen taistelu	5 – 10 %	45 – 90 henkilöä
Kiivas taistelu	10 - 20 %	90 – 180 henkilöä
Murtoalueen taistelu	yli 20 %	yli 180 henkilöä

TAULUKKO 1: Henkilöstötappioiden arviointitaulukko

Taistelutappioita ovat kaatuneet, haavoittuneet, kadonneet ja taistelustressireaktiot. Taistelun ulkopuolisista tappioista sairaustappiot ovat 0,5% luokkaa normaalitilanteessa, mutta ne voivat nousta epidemioiden aikana useisiin kymmeneen prosentteihin. Tapaturmien keskimääräinen osuus on samaa 0,5% luokkaa.

Haavoittuneiden ja sairaiden kuljetustarve haavoittumispaikalta pataljoonan (vast) joukkosidontapaikalle voidaan laskea prosentteina taistelutappioista seuraavasti:

TAPPION LAATU	OSUUS KOKONAISTAPPIOISTA
Kaatuneet	15 – 30%
Haavoittuneet	
- vaikeasti	5 – 10%
- keskivaikeasti	20 – 30%
- lievästi	60 – 70%
Sairaat (sisältää onnettomuudet ja paleltumat, joita 0,5 – 10%)	
- normaali tilanne	0,5 – 3%
- epidemia	5 – 20%
- taistelustressireaktiot	3 – 15%

TAULUKKO 2: Tappioiden jakautuminen potilasevakuoinnin kannalta

Evakuointeja toteutettaessa joukon todellinen taisteluvahvuus pienenee huomattavasti. Potilaan siirto lähimpään hoitopisteeseen tai evakuointijoukkoille sitoo tavallisesti vähintään yhden henkilön, mutta pahimmassa tapauksessa neljä henkilöä. Näin ollen kahden henkilön haavoittuminen saattaa sitoa koko ryhmän evakuointitehtävään. Ajan tuhlaaminen heikentää huomattavasti haavoittuneen selviytymismahdollisuuksia, mutta ryhmän irrottaminen taistelutilanteesta on useimmiten mahdotonta.

Tappiot eivät jakaudu ajallisesti tasaisesti vaan tappiot syntyvät taistelujen vaiheiden mukaan ”purskeina”, jolloin on vaarana hoitopisteiden ruuhkautuminen. Tällaisissa tapauksissa ratkaisevaksi tekijäksi muodostuu kenttälääkinnän kokonaiskapasiteetin optimaalinen hyödyntäminen. Se edellyttää hyvää tilannekuvaa hoitopisteiden tilanteesta, evakuoinnin ohjausta sekä oikeaa potilasluokittelua. Luvussa 2.6 on kuvattu potilasluokittelun periaatteet.

2.6 Vammautuneiden luokittelu

Tämän luku perustuu pääsääntöisesti lähteeseen [108].

Kenttälääkinnässä on tärkeää noudattaa tarkoin ennalta sovittuja periaatteita vammautuneita luokiteltaessa. Hoitokategoriat voidaan määrittää hyvin tarkasti seuraavassa esitettävillä luokitteluilla. Tällöin merkitään kiireellisyysryhmä yksinkertaisesti numerolla yhtenäisen käytännön mukaisesti. Onnistuneessa potilasselvityksessä arvioidaan potilaiden lukumäärä, vammojen vaikeusaste, kirurgisen hoidon vaatimustaso, ennuste ja käytettävissä olevien hoitomahdollisuuksien tehokas hyödyntäminen.

Luokkaan 1 kuuluvat vaikeasti vammautuneet, jotka tarvitsevat välitöntä ensihoitoa tai pikaista sairaalahoitoa jäädäkseen henkiin. Potilailla on hengitysvajaus, joka johtuu yleensä mekaanisesta hengitystietukoksesta, avoimesta ilmarinnasta, paineilmarinnasta, vaikeasta kasvovammasta, aivovammasta tai inhalaatiopalovammasta. Luokkaan 1 sijoitetaan myös potilaat, joilla on raju ulkoinen verenvuoto tai joiden tilaa komplisoi sokki. Sokki voi johtua monivammoista, sydämen ja suurten valtimoiden vammoista, sisäisestä verenvuodosta, eviskeraatiosta, massiivisista pehmytkudosvammoista, suurten luiden avomurtumista ja 2. asteen palovammoista. Myös aivovammapotilaat, joiden tajuttomuus on syvenevää, kuuluvat tähän luokkaan.

Luokkaan 2 kuuluvat vaikeasti vammautuneet, jotka eivät tarvitse välitöntä ensihoitoa tai kiireellistä sairaalahoitoa jäädäkseen henkiin, vaan kestävät kohtuullista odotusta ennen erikoishoitoa. Tähän luokkaan sijoitetaan potilaat, joilla on penetroiva vatsavamma, virtsaelinvamma tai thorax-vamma, mutta ei hengitysvajasta. Potilailla voi olla myös verisuonivamma, mutta vuoto on hallittavissa yksinkertaisin menetelmin. Tähän luokkaan kuuluvat palovammapotilaat, joilla on alle 20 % ihosta käsittäviä, osittain riskialueiden palovammoja. Myös tajuttomat aivovammapotilaat, joilla ei ole hengitysvaikeuksia ja joiden tila on stabiili, kuuluvat luokkaan 2.

Luokkaan 3 kuuluvat hyvin odotusta kestävät vammautuneet vamman vaikeusasteesta riippumatta. Potilailla voi olla selkäydinvammoja, pienehköjä pehmytkudosvammoja, pieniä murtumia ja sijoiltaan menoja, silmävammoja, alle 20 % ihosta käsittäviä, muiden kuin riskialueiden palovammoja tai lieviä aivovammoja.

Huomattava osa ensi vaiheessa luokkaan 3 sijoitetuista potilaista ei tarvitse jatkoevakuointia EHP:lla tai EHAS:lla saadun ensiavun tai ensihoidon jälkeen.

Luokkaan 4 kuuluvat kriittisesti vammautuneet, joilla ei resurssit huomioon ottaen arvioida olevan eloonjäämisen mahdollisuuksia. Osa heistä voidaan tilanteen salliessa siirtää luokkaan 1.

Potilasselvityksen suorittajalla tulee olla perustiedot sotavammojen vammamekanismeista ja vammaprofiileista sekä hoidon erityispiirteistä. Yleensä lähtökohtana voidaan pitää, että ainakin noin 10 % haavoittuneista tarvitsee välitöntä kirurgista hoitoa, eikä ensi vaiheessa juuri kestä kuljetusta.

3 TELELÄÄKETIETEEN KÄSITE

3.1 Telelääketieteen määritelmiä

Yleisessä terveydenhuollossa telelääketieteellä on pyritty hoitokustannusten pienentämiseen, tehokkuuteen sekä asiantuntijuuden jakamiseen alueille, joilta lääkinnällinen tieto-taito tai infrastruktuuri puuttuu, parantamaan perusterveydenhuollon ja erikoissairaanhoidon yhteistyötä sekä vähentämään erikoissairaanhoidon jonoja.[38]

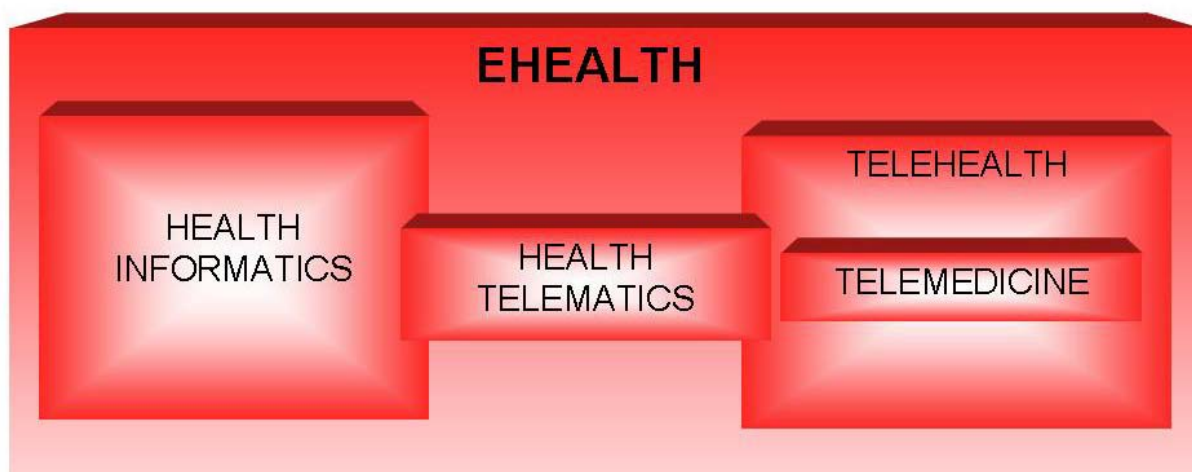
Kenttälääkinnässä telelääketieteen käytön tavoitteet lienevät samansuuntaisia. Kenttälääkinnässä erityisesti korostuu tiedon saatavuus, jonka seurannaisvaikutuksina ihmishenkiä säästyy, turhat evakuoinnit jäävät pois ja taisteluvahvuus säilyy mahdollisimman hyvänä. Kenttälääkinnässä olosuhteet ja käyttötilanteet vaihtelevat huomattavasti, joten ulkoiset tekijät vaikuttanevat huomattavasti telelääketieteen käyttöön ja käyttömahdollisuuksiin.

Vaikka telelääketieteen tarve on tiedostettu, ei telelääketieteen määritelmästä ole päästy yksimielisyyteen. Mitä telelääketiede on ja kuinka se poikkeaa perinteisestä lääketieteestä?

Vuonna 1971 telelääketieteen käsite määriteltiin ensimmäisen kerran: "Telemedicine is the practice of medicine without the usual physician-patient confrontation...via an interactive audio-video communications system."[148]

Siitä lähtien tutkijat ovat pyrkineet selkeyttämään telelääketieteen käsitettä ja käyttökohteita. Vaikka telelääketieteen määritelmän ydin on edelleen sama, telelääketiede ja siten sen määritelmät ovat muuttuneet huomattavasti informaatioteknologian kehittymisen mukana. Muutokset ovat olleet niin suuria, että käyttöön on tullut telelääketieteen (telemedicine) lisäksi uusia, sähköisiin terveyspalveluihin liittyviä käsitteitä. Tällaisia käsitteitä ovat ainakin telehealth, telecare, e-health, m-health, on-line health, health telematics, cybermedicine, medical Informatics ja information and communication technology for health.

Kaikille käsitteille ei ole suomenkielistä käännöstä, eikä kaikkia käsitteitä ole edes yritetty kääntää suomeksi. Kuvassa 8 on esitetty yksi tapa selventää sähköisten terveyspalvelujen määritelmäviidakkoa.[15]



KUVA 8: Sähköisten terveyspalvelujen käsitteet

Asiantuntijahaastattelujen perusteella käsitteistä voidaan käyttää seuraavia käännöksiä:[130]

- eHealth - Sähköiset terveydenhuoltopalvelut, sähköiset terveyspalvelut, eTerveys
- Health informatics - Terveidenhuollon tietotekniikka
- Telehealth - Teleterveys, Teleterveydenhuolto
- Health telematics - Terveidenhuollon viestintäteknologia
- Telemedicine - Telelääketiede, etälääketiede

Sähköiset terveydenhuoltopalvelut (ehealth) on yläkäsite. Sähköiset terveydenhuoltopalvelut liittyvät terveydenhuollon ammattilaisen ja potilaan väliseen yhteistyöhön [89].

Lähteessä [16] on tutkittu ehealth-käsitteen käyttöä lääkintäalan julkaisuissa. Analyysissä löytyi 36 erilaista määritelmää käsitteelle ehealth. Analyysin tuloksena suositellaan käytettäväksi alla olevaa määritelmää (tutkijan käännös): ”Sähköisillä terveydenhuoltopalveluilla tarkoitetaan tieto- ja tiedonsiirtotekniikan, erityisesti Internetin, käyttöä edistämään terveyttä tai mahdollistamaan terveydenhoito.”

Toinen suositeltu määritelmä laajentaa näkökulmaa: ”...käsite ei kuvaa pelkästään teknistä kehitystä, vaan myös uudenlaista työskentelymenetelmää, asennetta ja sitoutumista verkottuneeseen, globaaliin ajatteluun, jonka pyrkimyksenä on terveydenhoidon parantaminen, paikallisesti, alueellisesti ja maailmanlaajuisesti hyödyntämällä tieto- ja tiedonsiirtotekniikkaa.”

Health (medical) informatics - Ymmärrys, taidot ja välineet, jotka mahdollistavat terveydenhoitoon ja terveyden edistämiseen liittyvän informaation käytön ja jakamisen.[48]

Health telematics - Tieto- ja tiedonsiirtotekniikan käyttöä terveydenhuoltoon liittyvän tiedon siirtämiseen. Teletekniikan ja tietojenkäsittelytekniikan yhteistä soveltamista.

Teleterveydenhuolto (TELEHEALTH) tarkoittaa terveydenhuollon asiantuntija-avun käyttämistä tietoverkkojen avulla siellä, missä potilas on – etäisyyksistä riippumatta [29]. Teleterveydenhuollon suhde telelääketieteeseen on vastaava kuin terveydenhuollon suhde lääketieteeseen. Teleterveydenhuolto kattaa siten mm. hoitotieteen ja terveydenhuollon hallinnon ja organisoinnin.

Telemedicine on yleisimmin käytetty termi puhuttaessa sähköisistä terveystalvveluista. Sana ”tele” on johdettu kreikan kielestä ja tarkoittaa kaukana, matkan päästä tai etäältä.

Lähteessä [77] Norjan telelääketieteen keskus on koonnut useita ”telemedicine” määritelmiä. Alle on koottu eri lähteistä löytyneitä, suomeksi käännettyjä telelääketieteen määritelmiä.

Telelääketiede on potilashoidon toteuttamista ja lääketieteellisen tiedon jakamista erillisestä paikasta käsin tietoliikenneyhteyksien avulla. Telelääketieteen vakiintuneena suomenkielisenä vastineena käytetään etälääketiedettä.[120]

Telelääketieteellä tarkoitetaan sellaista lääkärinammatin harjoittamista, jossa toimenpiteet, diagnostiikkaan ja hoitoon liittyvät päätökset ja suositukset perustuvat televiestintäjärjestelmillä välitettyyn tietoon ja dokumentteihin.[66]

Telelääketieteellä tarkoitetaan potilaan tutkimista, tarkkailemista, hoitamista, terveydenhuollon henkilöstön koulutusta ja ammatillisen kehittymisen tukemista käyttäen apuna informaatioteknologiaa. Tavoitteena on siirtää potilaan tietoja, ei potilasta, ja tarjota erikoissairaanhoidopalveluja tietoteknisin apuvälinein terveyskeskuksille.[29]

Telelääketieteellä tarkoitetaan potilaan tutkimista, tarkkailemista, hoitoa sekä potilaan ja henkilökunnan kouluttamista käyttäen apuna teletekniikkaa, joka mahdollistaa asiantuntija-avun ja potilastietojen saannin oikeaan paikkaan riippumatta siitä, missä potilas tai kyseinen tieto kulloinkin on.[150] Tämä van Goorin ja Christensenin määritelmä on myöhemmin jaettu monin eri perustein: erikoisaloittain, toiminnan mukaisesti tai teknisin perustein.[89]

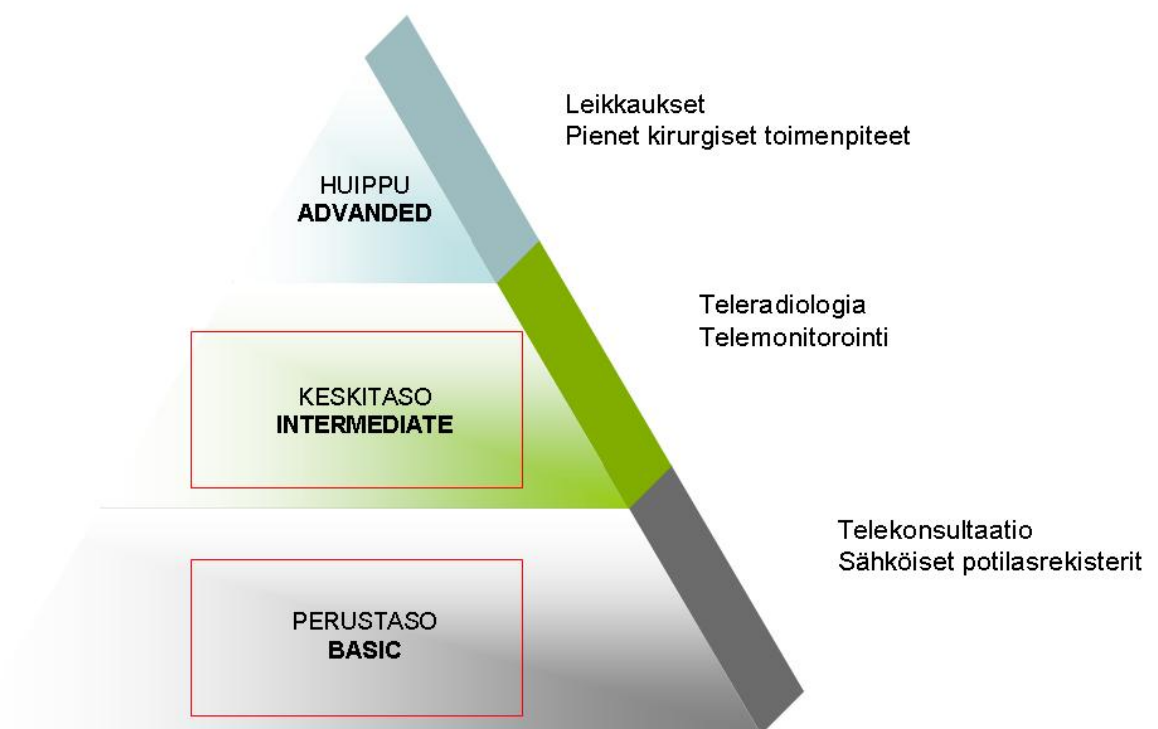
Telelääketiede on pohjimmiltaan toimintamalli, jonka toteuttamisen keskeisimmät edellytykset ovat siirrettävässä muodossa oleva tieto ja tiedonsiirtotekniikka. Toteutettaessa telelääketiedettä kenttälääkinnän olosuhteissa, pitää telelääketieteen käsitteeseen lisätä ulkoisista tekijöistä johtuvia lisämääreitä. Lisämääreitä on käsitelty tämän luvun loppupuolella.

Vaikka telelääketiede ja sähköiset terveydenhuoltopalvelut ovat käsitteinä erilaisia, eivät ne poikkea toisistaan kovinkaan paljoa, kun tarkastelunäkökulmana on tiedonsiirtotekniikka. Telelääketieteen yhteyksillä voidaan toteuttaa kaikki sähköisten terveydenhuoltopalvelujen tiedonsiirtotarpeet. Kyse on lähinnä siitä, millaisia palveluja yhteyksillä halutaan siirtää. Näin ollen ei olekaan suurta merkitystä sillä, millaista nimitystä käytetään puhuttaessa kenttälääkinnän tiedonsiirtoyhteyksistä; kenttätelelääketiede, kenttälääkinnän sähköiset terveydenhuoltopalvelut tai jotakin muuta.

3.2 Telelääketieteen jako

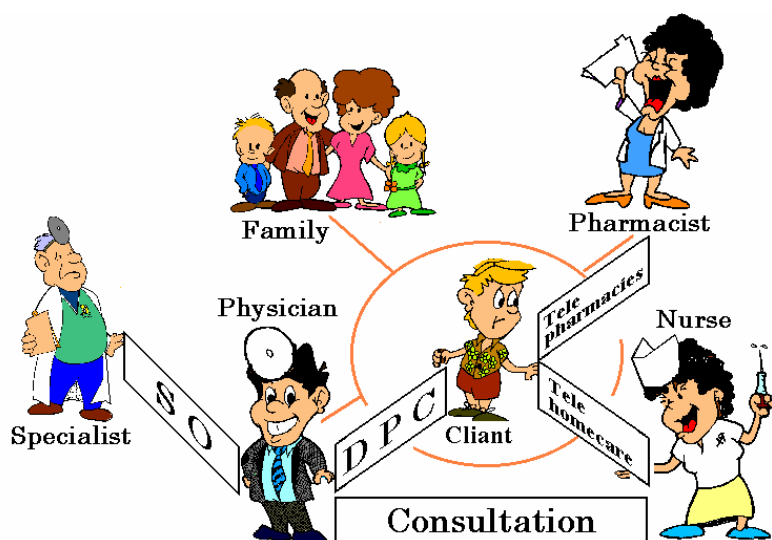
Telelääketieteen käsitettä voidaan tarkastella ainakin kolmella tavalla, joita ovat hoitotaso, toimijaosapuolet sekä vuorovaikutustapa ja siirrettävän datan informaatiotyyppi. Lisäksi käsitettä voidaan tarkastella järjestelmäkokonaisuutena, jolloin huomioidaan myös telelääketieteen toteuttamiseen vaikuttavat ulkoiset seikat.

Kuvassa 9 on havainnollistettu telelääketieteen jakoa ”hoitotasoilla”. Tässä tutkimuksessa painopiste on perus- ja keskitasolla.



KUVA 9: Telelääketieteen jako hoitotasoittain [87]

Telelääketiede voidaan jakaa myös toimijaosapuolten mukaan. Toimijaosapuolia on havainnollistettu kuvassa 10.[65]



KUVA 10: Telelääketieteen jako osapuolittain

- Lääkäri - asiantuntijalääkäri "toinen mielipide", second opinion
- Sairaanhoitaja - lääkäri "telekonsultaatio"
- Potilas - lääkäri "telelääkäri", direct patient care
- Potilas - sairaanhoitaja "telekotihoito"
- Potilas - farmaseutti "telefarmasia"

Jo ammoisista ajoista alkaen on lääketieteessä ollut tapana ongelmallisissa tilanteissa pyytää kollegan oma mielipide tilanteesta ja sen hoidosta, "second opinion". Jos kollega on tietämykseltään samantasoinen, puhutaan vaakatasoisesta (horisontaalisesta) konsultaatiosta, jos hän taas on kokemukseltaan ja tietämykseltään ylempänä, puhutaan vertikaalisesta konsultaatiosta.[120]

Mikäli tällaista kollegaa ei ole mahdollista tavoittaa henkilökohtaisesti, on tyydyttävä telekonsultaatioon (etäkonsultaatio). Potilaan tiedot on oltava sellaisessa muodossa (sähköisessä muodossa), että ne voidaan siirtää asiantuntijalääkärille. Lähetettyjä tietoja voidaan tarkentaa puheen ja videokuvan välityksellä. Telepatologiassa konsultaatiota käytetään usein. Patologit ja sytologit ovat käyttäneet videokonferensseja, joissa on ratkottu ongelmanäytteitä ja opittu uusia aspektoja toisilta osallistuneilta. Pyrkimyksenä on muodostaa näytetietokantoja tietopankkeihin, josta ne ovat kaikkien käytettävissä.[120]

Telekotihoito ja telefarmasia tulevat jatkossa yleistymään. Sairaanhoitajille annetaan yhä enemmän vastuuta potilaiden hoitamisesta. Sairaanhoitajat neuvovat ja

opastavat asiakkaita yhä enemmän puhelimen tai jonkin muun kommunikaatiovälineen avulla. Telefarmasian osalta näkyvin uudistus tulee olemaan sähköinen resepti.

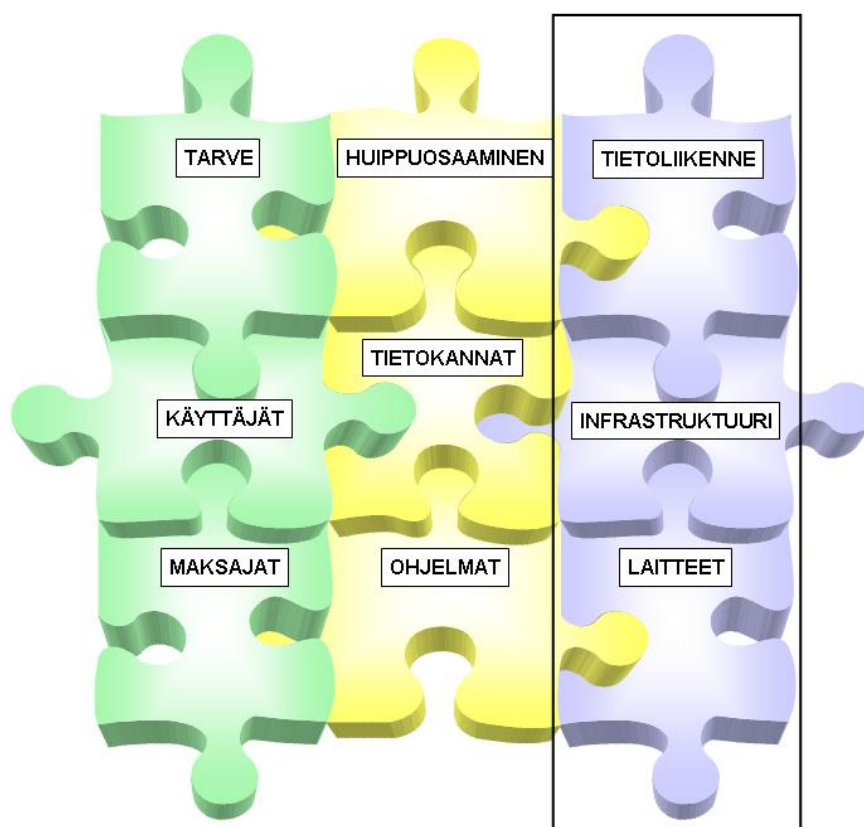
Telelääketieteessä siirrettävän tiedon laatu ja määrä vaihtelevat tilanteesta riippuen. Vuorovaikutustapoja ja informaatiotyyppisiä on käsitelty luvussa 4.

Telelääketieteen tehtävä on parantaa hoidon laatua, ei korvata olemassa olevaa hoitojärjestelmää. Telelääketieteen tarkoitus on tukea hoitoketjua. Telelääketieteen hyötyjä on vaikea arvioida, sillä näkökulmia on monia; kustannukset, tiedon saatavuus, potilaskonsultaatioiden määrä, aika jne. Tässä työssä käytetty telelääketieteen hyödyllisyyden näkökulma on tiedon saatavuus.

Käsitteestä telelääketiede on lukuisia määritelmiä, jossa telelääketiede määritetään sen toiminnallisesta näkökulmasta. Toiminnallisuudella tarkoitan ”potilaan hoitamista käyttäen apuna informaatiotekniikkaa...”. Sen sijaan telelääketieteestä järjestelmäkokonaisuutena löytyi hyvin vähän julkaisuja.

Telelääketieteen järjestelmäkokonaisuutta suunniteltaessa telelääketieteen toiminnallisuutta kuvaava määritelmä ei riitä. Suunnittelun pohjaksi on saatava kokonaisvaltainen kuva telelääketieteen osatekijöistä ja niiden välisistä vuorovaikutussuhteista.

Kuvassa 11 on määritelty etälääketieteen (telelääketieteen) osatekijät [120]. Tässä tutkimuksessa painopiste on kenttälääkinnän näkökulmasta tietoliikenteessä, infrastruktuurissa ja laitteissa.



KUVA 11: Etälääketieteen (telelääketieteen) osatekijät

Lähteessä [148] on telelääketieteen käsitettä lähestytty hieman eri tavalla määrittämällä telelääketieteen käsite kahden eri dimension avulla. Dimensioiden, jotka jakautuvat viiteen pienempään osakokonaisuuteen. Nämä osakokonaisuudet ovat käyttötarkoitus (application purpose), lääketieteen ala (application area), ympäröivät olosuhteet (environmental setting), viestintäinfrastruktuuri (communication infrastructure) ja yhteystapa (delivery options). Näiden osakokonaisuuksien avulla voidaan suunnitella järjestelmiä, määrittää käyttäjävaatimuksia telelääketieteen sovelluksille sekä ymmärtää kokonaisvaltaisesti telelääketieteen järjestelmiä ja niiden käyttöä.

Käyttötarkoitus viittaa yhteyden merkitykseen ja se voidaan jakaa lääketieteellisiin ja ei-lääketieteellisiin tarkoituksiin. Lääketieteelliset käyttötarkoitukset voidaan jakaa kahdeksaan kategoriaan: alustava kiireellinen arviointi (triage), perusterveydenhuollon johtaminen, erikoissairaanhoidon järjestäminen, konsultaatio, monitorointi, diagnosointi ja hoito (kirurginen ja ei-kirurginen hoito). Ei-lääketieteelliset käyttötarkoitukset voidaan jakaa koulutukseen (terveysalan ammattilaiset, potilaat), tutkimukseen, yleiseen terveydenhuoltoon ja hallintoon.

Lääketieteen aloja ovat esimerkiksi neurologia, kardiologia, patologia, radiologia, lastentaudit, kotihoito, dermatologia, kirurgia, silmäsairaudet, mielenterveys, ensiapuasema jne. Käyttöalueet määrittävät tietotarpeet. Esimerkiksi diagnosointiin tarvittava tiedon määrä eroaa huomattavasti sydänsairauksien ja psykiatrian alueella. Tieto saattaa olla eri muodoissa, kuten tekstiä, ääntä, videota. Käyttötarkoitus ja käyttöalue määrittävät tiedon määrän ja laadun, jolla diagnosointi ja hoitopäätös voidaan tehdä.

Ympäröivät olosuhteet viittaavat ympäristöön ja olosuhteisiin, jossa yhteyden osapuolet fyysisesti sijaitsevat. Puitteet saattavat olla hyvinkin erilaiset vaihdellen mobiiliyhteydestä sairaalan videokonferenssihuoneeseen. Yhteyden laatu vaikuttaa siirrettävän tiedon määrään ja laatuun. Ympäristötekijöissä huomioidaan myös yhteyden osapuolten telelääketieteelliset tiedot ja taidot sekä mahdollisesti avustava henkilöstö.

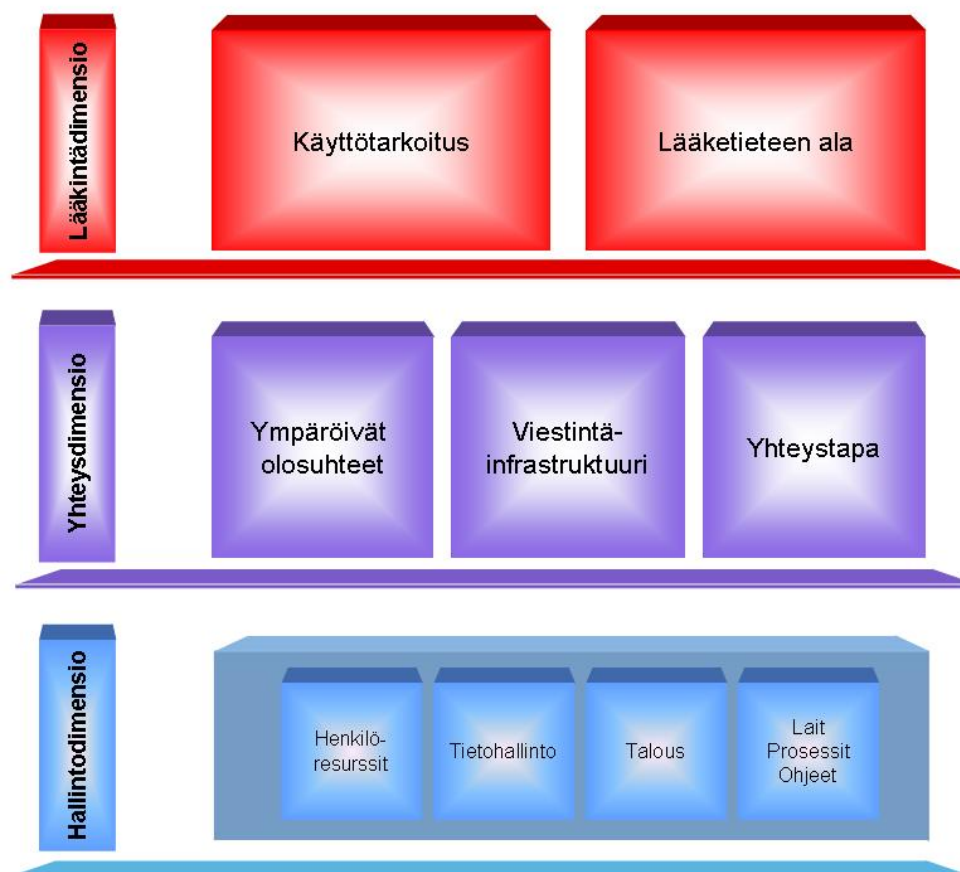
Viestintäinfrastruktuuri viittaa käytössä oleviin tiedonsiirtomahdollisuuksiin. Tiedonsiirto voi perustua langallisiin tai langattomiin verkkoihin, valokuituihin tai johonkin muuhun tekniikkaan. Jokaisella tekniikalla on omat vahvuudet, heikkoudet ja rajoitukset, jotka on tunnettava järjestelmää suunniteltaessa.

Yhteystapa voidaan jakaa synkroniseen ja asynkroniseen tiedonsiirtoon. Synkronisessa tiedonsiirrossa tapahtuma on yhtäaikainen kahden tai useamman osallistujan kesken. Asynkronisessa yhteydessä osanottajat eivät ole samaan aikaan kontaktissa. Valittu yhteystapa vaikuttaa huomattavasti yhteysdimension vaatimuksiin.

Alla olevassa taulukossa on havainnollistettu näiden yhteystapojen eroja.

	SYNKRONINEN	ASYNKRONINEN
Ääni	puhelin, puhelinneuvottelu	Puheposti
Video	videoneuvottelu	Video/äänistreaming
Data	pikaviestintä "white board"	sähköposti, fax, Web, store and forward

TAULUKKO 3: Esimerkkejä yhteystavoista telelääketieteen käytössä



KUVA 12: Telelääketieteen taksonomia [148]

Aikaisemmin mainitut viisi osakokonaisuutta voidaan yhdistää kahteen dimensioon. Kaksi ensimmäistä, käyttöalue ja käyttötarkoitus, liittyvät ainoastaan lääketieteen alueelle, joten ne voidaan yhdistää lääkintädimensioon. Seuraavat kolme osakokonaisuutta liittyvät siihen, kuinka terveyspalveluja siirretään ja toimitetaan tarvitsijoille. Ne voidaan yhdistää yhteysdimensioon. Kaikkien kolmen osakokonaisuuden tavoitteena on tukea lääkintädimension tarpeita.

Näiden kahden päädimension lisäksi on olemassa hallintodimensio, joka liittyy kaikkeen terveydenhuoltoon liittyvään toimintaan. Tätä dimensiota ei kuitenkaan käsitellä tässä tutkimuksessa.

Taksonomia jaottelu on jo varsin kattava. Siitä saa hyvän kuvan telelääketieteestä järjestelmäkokonaisuutena. Taksonomiassa huomioidaan käyttötarkoitus, lääketieteen ala ja yhteystapa, jotka ovat suoraan sovellettavissa myös kenttälääkintään. Kenttätelelääketieteen arkkitehtuurissa (kuva 13) ympäröivät olosuhteet voidaan rinnastaa eri tason hoitopisteisiin ja viestintäinfrastruktuuri vastaavasti hoitopisteiden välisiin, ulkoisiin yhteyksiin.

Telelääketieteen toiminnallinen ajatus on kenttälääkinnässä sama kuin kaikessa muussakin terveydenhuollossa. Kenttälääkinnässä kuitenkin korostuu liikkuvuus ja tukeutuminen itse rakennettuun työskentely-ympäristöön. Liikkuvuuteen sisältyy järjestelmän tai sen osakokonaisuuksien siirrettävyys, nopea perustaminen ja purkaminen sekä toiminnan tilapäisluonteisuus. Nämä vaatimukset eivät näy yleisesti käytössä olevissa telelääketieteen määritelmissä. Tästä syystä käyttöön voisi ottaa käsitteen kenttätelelääketiede, joka kattaa sekä kenttälääkinnän että telelääketieteen vaatimukset.

Tässä tutkimuksessa käsitteellä kenttätelelääketiede tarkoitetaan digitaalisen hoitotietoketjun edellytysten luomista kenttälääkinnän olosuhteissa. Käsite on laaja, sisältäen sekä toimintamallit että välineet digitaalisen hoitotietoketjun muodostamiseksi yksittäisestä lääkintämiehestä evakuointisairaalaan saakka. Kenttätelelääketiede sisältää arkkitehtuurin mukaisesti: välineet tietojen keräämiseen, taltiointiin ja siirtämiseen; sovellukset ja palvelut toimintamalleineen (esim. evakuointiajoneuvojen johtaminen, paikannus, hoitoprosessit); hoitopisteiden lääkintävälineet ja sähköistyksen.

Kenttätelelääketieteen käsitteeseen ei sisälly lääkintähuollon operatiivinen johtaminen.

Luvussa 3 esitettyjen, sähköisten terveydenhuoltopalvelujen määritelmien mukaan kenttätelelääketieteen kuvaavampi nimi voisi olla sähköiset kenttälääkintäpalvelut. Koska käsite telelääketiede on erittäin yleinen, ja sen tulkinta vaihtelee huomattavasti eri maissa, käytän tässä tutkimuksessa nimitystä kenttätelelääketiede.

Kenttätelelääketieteen järjestelmäkokonaisuus, kokonaisarkkitehtuuri, muodostuu kuvan 13 mukaisista osakokonaisuuksista.



KUVA 13: Kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuri

Arkkitehtuurin perustan muodostavat hoitopisteissä tarvittavat palvelut, palveluihin sisältyvät toimintamallit ja kenttälääkinnän mobiliteettivaatimukset.

Telelääketieteen tarvitsemat tiedonsiirtoyhteydet on jaettu hoitopisteen sisäisiin ja ulkoisiin yhteyksiin. Hoitopisteiden sisäisillä yhteyksillä tarkoitetaan hoitopisteen välittömässä läheisyydessä tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Ulkoisilla yhteyksillä tarkoitetaan hoitopisteiden välisiä yhteyksiä sekä muita yhteyksiä hoitopisteen välittömän läheisyyden ulkopuolelle. Tarvittavat palvelut ja sovellukset määrittävät tekniset ratkaisut sisäisten ja ulkoisten yhteyksien toteuttamiseksi.

Telelääketieteen lääkintävälineillä tarkoitetaan digitaaliseen tallentamiseen kykeneviä laitteita. Laitteiden tuottama tieto on suoraan siirrettävissä sähköisesti tai laitetta kyetään etäohjaamaan tietoliikenneyhteyden välityksellä. Laitteiden tulee olla yhteensopivia muiden vastaavien laitteiden kanssa siten, että tallennettu tieto on tulkittavissa minkä tahansa valmistajan vastaavalla laitteella.

Telelääketiede tukee kenttälääkintää. Telelääketiede edellyttää joitakin lisävälineitä, mutta ei poista tarvetta perinteisille hoitomenetelmille, välineille, hoitotiloille ja lääkkeille. Arkkitehtuurissa nämä on sijoitettu kohtaan ”Muut lääkintävälineet ja lääkkeet”.

Sähköistys on erittäin keskeinen elementti sekä kenttälääkinnässä että telelääketieteessä. Sähköistys sisältää kaikki sähkön tuottamiseen, sähköverkon rakentamiseen, varmentamiseen ja ylläpitoon liittyvät välineet. Näitä ovat esimerkiksi voimakoneet, sähkökaapelit, akkuvarmennukset, virtalähdehuolto ja vaihtoehtoiset sähköntuottomenetelmät, kuten aurinkokennot.

Erityisesti kansainvälisiin tehtäviin liittyen kenttälääkintäjärjestelmä on kyettävä aktivoimaan osakokonaisuuksina. Toiminta-alueelle siirtyminen saattaa tapahtua laivalla, helikopterilla, autolla tai jopa jalan. Tästä johtuen kenttatelelääketieteen järjestelmä on modulaarinen. Järjestelmän on oltava muokattavissa, pakattavissa ja kuljetettavissa tarpeen mukaan.

4 TELELÄÄKETIETEEN TIETOVIRRAT

4.1 Yleisen terveydenhuollon tietotekniikka

Tämä luvun päälähteenä on käytetty Kari Mäkelän kirjaa Terveydenhuollon tietotekniikka - terveyden ja hyvinvoinnin sovellukset.[132]

Terveydenhuoltoala pyrkii eroon papereista, jolloin suurimmaksi ongelmaksi on muodostunut tietojärjestelmien kirjavuus. Terveyskeskuksilla ja Keskussairaaloilla oli vuonna 2006 käytössä ainakin 14 erilaista potilastietojärjestelmää sekä ainakin kuusi hallintojärjestelmää. Markkinajohtajina ovat Terveyskeskuksissa TietoEnatorin Effica sekä WM-datan Pegasos, joiden markkinaosuus on yli 90%. Keskussairaaloiden ja yliopistollisten sairaaloiden markkinajohtajina ovat MediciDatan Miranda, TietoEnatorin Effica sekä Oulun yliopistollisen sairaalan ja TietoEnatorin kehittämä Esko.[153] Järjestelmien kirjavuus aiheuttaa yhteensopivuusongelmia, minkä vuoksi esimerkiksi sairaalat eivät kykene hyödyntämään aikaisempia hoitotietoja. Tästä johtuen käynnissä on hanke, jonka tavoitteena on aikaansaada valtakunnallinen sähköinen potilastietojärjestelmä. Toinen merkittävä hanke on valtakunnallinen sähköinen resepti.

Yleinen terveydenhuolto on erittäin aktiivisesti ottanut käyttöön uusia tietotekniikan sovelluksia ja välineitä hoitotyössään. Samankaltaisia sovelluksia, välineitä ja tekniikoita, joita voidaan hyödyntää myös kenttälääkinnässä, mikäli tietotekniikka ja tiedonsiirtoyhteydet voidaan ulottaa kenttälääkinnän hoitopisteisiin saakka.

Terveydenhuollossa riitti pitkään potilaan tutkiminen ja hoidon suorittaminen joko välittömästi tai hoito-ohjeiden antaminen suullisesti. Terveydenhuollon kehittyessä potilaista ja suoritetuista toimenpiteistä alettiin pitää jonkinasteista päiväkirjaa tai potilaskohtaista kortistoa. Nykyisin tiedot kootaan potilaskansioon. Siihen on kirjattu tieto ja näkemys potilaan terveydestä sekä tärkeimmät toimenpiteet, joita potilaalle on suoritettu. Tutkimus- ja hoitomenetelmien kehittyessä myös kirjatun tiedon määrä on koko ajan lisääntynyt ja monipuolistunut. Esimerkiksi uusien kuvantamismenetelmien, kuten magneettikuvantaminen (Magnetic Resonance Imaging, MRI) ja tietokonetomografia (Computer Tomography, CT), sekä muiden monitorointilaitteistojen ansioista potilaan terveydentilasta on mahdollista saada tarkkaa ja monipuolista tietoa.

Uudet menetelmät perustuvat yhä useammin tietotekniikan laajaan hyödyntämiseen. Esimerkiksi magneettikuvantaminen (MRI) ei olisi lainkaan mahdollista ilman erittäin tehokasta tietotekniikan hyväksikäyttöä.

Koska tietoa tuotetaan yhä enemmän, sitä joudutaan myös käsittelemään aiempaa enemmän. Paras tapa selvitä tässä kilpajuoksussa on hyödyntää kummassakin samaan menetelmää – tietotekniikkaa. Tästä johtuen nykyaikainen potilaskansio ei koostu enää paperidokumenteista vaan tietokonepohjaisista potilastietojärjestelmistä.

Tieto- ja viestintätekniikkaa sovelletaan terveydenhuollossa neljään peruskäyttökohteeseen:

- potilaan terveyteen, hoitoon ja terveydentilaan liittyvän tiedon tallentaminen ja käsittely = potilasjärjestelmät
- terveydenhuollon organisaatioiden hallinnollinen tiedon käsittely = hallintojärjestelmät
- tietokonepohjaiset tutkimus- ja kuvantamismenetelmät = kuvantamisjärjestelmät ja kuva-arkistot
- potilaiden etäseuranta, diagnostiikka ja valvonta = erillisjärjestelmät

4.1.1 Potilastietojärjestelmät

Potilaan hoitoketjun on oltava saumaton myös hoitotietoketjun tietojen keräämisen ja taltioinnin osalta. Tietojen kerääminen alkaa kenttälääkinnässä yksittäisestä lääkintämiehestä päätyen evakuointisairaalan potilastietojärjestelmään. Evakuointisairaala on kenttälääkinnän hoitoketjun päätepiste. Sähköiset potilastietojärjestelmät ovat kenttälääkinnän hoitotietoketjun päätepiste.

Norjassa kansallinen potilastietojärjestelmä ulotetaan kansainvälisiin operaatioihin saakka. Hoitotiedot ja toimenpiteet tallennetaan paikallisille palvelimille ja ne päivitetään kansallisille palvelimille tietoliikenneyhteyksien välityksellä tarpeen mukaan. Norjalaisten osalta kenttälääkinnän potilastietojärjestelmät ja niiden käyttö ovat yhdenmukaisia ympäri maailman. Näin asian tulee olla myös omassa kenttälääkinnässämme. On selvittävää millaisia tietojärjestelmiä milläkin hoitotasolla tarvitaan ja voidaan käyttää. Vain tietojärjestelmien avulla voidaan kerättyä tietoa hallita.

Tietotekniikan vaikutukset terveydenhuollossa näkyvät ja tuntuvat eniten potilastietojärjestelmien kehityksessä; ”Sähköinen sairauskertomus on lähivuosien suurin yksittäinen terveydenhuollon tietotekninen muutos.”[118]

Sähköinen potilastietojärjestelmä on erittäin laaja ja monimuotoinen ohjelmisto- ja tietokantakokonaisuus, joka sisältää kaiken potilaan terveyteen ja hoitoon liittyvän tiedon. Potilastietojärjestelmä on kokonaisuus, joka yhdistää potilaaseen liittyvät tiedot muihin terveydenhuollossa käytettäviin tietoihin. Moderni potilaskertomus on sähköinen versio perinteisestä paperisesta potilaskansiosta.

Valtakunnallisen tietojärjestelmäarkkitehtuurin määrittely on käynnissä. Yhtenäisen tietojärjestelmäarkkitehtuurin keskeisiä tavoitteita ovat sähköisten potilasasiakirjojen arkistointi, potilastietojen valtakunnallinen tietoturvallinen saatavuus, sähköisen reseptin käyttöönotto ja terveydenhuollon sähköisten palveluiden mahdollistaminen koko maassa.[90]

Paperiset potilasasiakirjat pyritään korvaamaan sähköisillä potilastietokannoilla. Valtioneuvoston 11.4.2002 tekemän terveydenhuollon tulevaisuuden turvaamista koskevan periaatepäätöksen mukaan ”valtakunnallinen sähköinen sairauskertomus”

otetaan käyttöön vuoden 2007 loppuun mennessä kaikissa terveydenhuollon organisaatioissa niin yksityisellä kuin julkisellakin sektorilla.[146]

Hankkeen toteutuessa keskeiset potilastiedot kirjataan eri hoitopaikoissa yhdenmukaisella tavalla. Kirjattavia tietoja ovat mm. potilaan ja hoidon antajan tiedot, hoitojakson ja -tapahtuman tiedot, ongelmat ja diagnoosit, fysiologiset mittaukset, tutkimukset, toimenpiteet ja lausunnot. Myös lääkehoitoa koskevat tiedot kirjataan aikaisempaa yhtenäisemmin. Yhteisten standardien avulla tuotettu sähköinen tieto on kaikkien terveystieteiden ja sairaaloiden käytettävissä, vaikka ne käyttäisivätkin eri valmistajien tietojärjestelmiä.[67]

Koko terveydenhuollon käytössä oleva sähköinen potilastietojärjestelmä edellyttää myös tietojen keskitettyä valtakunnallista arkistointia. Kansaneläkelaitokselle on annettu tehtäväksi järjestää sähköisten potilaskertomusten arkistointi ja siihen liittyvät palvelut vuoteen 2008 mennessä.[67]

Sähköisen arkistopalvelun yhtenäisen toimintamallin tulee antaa mahdollisuus luopua paperisista potilasasiakirjoista arkistoimalla alkuperäiset sähköisesti allekirjoitetut tai muilla tavoin varmennetut asiakirjat. Sähköisen arkiston on mahdollistettava potilasasiakirjojen käyttö potilaan hoidossa hoitopaikasta riippumatta sekä toimitettava potilasasiakirjat tai niiden kopiot kaikille niille, joilla on siihen lakiin perustuva oikeus. Kansalaisilla on mahdollisuus saada sähköisestä arkistosta omien potilasasiakirjojen kopioita rekisterinpitäjästä riippumatta.[103]

Puolustusvoimien käytössä oleva MILDOC-potilastietojärjestelmä liitetään valtakunnalliseen potilastietojärjestelmään. Näin ollen kenttälääkinnässä tehdyt sähköiset potilasmerkinnät ovat tarvittaessa nähtävissä kaikkialla. Kenttälääkinnän on oltava osa yleistä terveydenhuoltoa myös tietojärjestelmien yhteensopivuuden osalta.

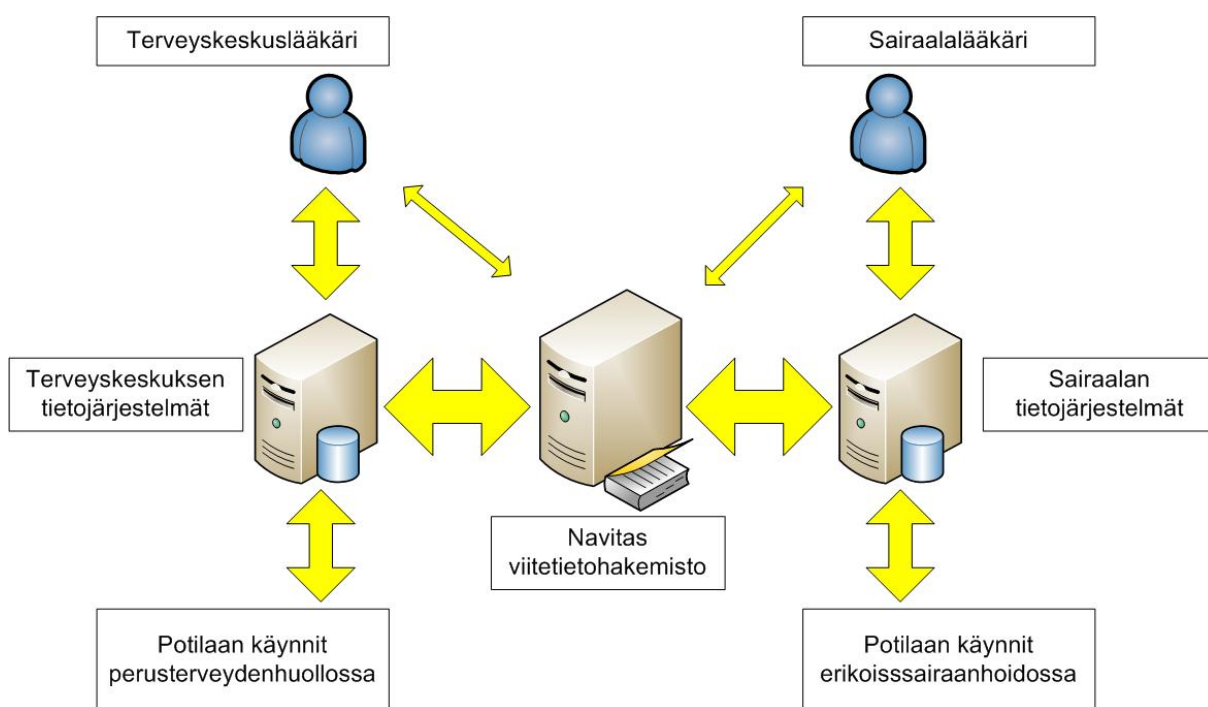
Nykyiset potilastietojärjestelmät perustuvat teknisesti asiakas-palvelin -ratkaisuun. Järjestelmän ytimenä on laaja tietokanta eli sähköinen kortisto tai ohjelmisto, johon haluttu tieto on tallennettu. Tietokanta toimii erillisessä palvelinkoneessa. Käyttäjän omalla asiakaskoneella on ohjelmisto, joka hakee tietokannasta tarvittavat tiedot ja

esittää ne halutussa muodossa. Myös uudet tiedot lisätään tietokantaan käyttäjän koneella olevan ohjelmiston avulla.

Alueellisten järjestelmien tietokantaratkaisuksi on olemassa keskitetty ja hajautettu malli.

Keskitetyssä mallissa tietokannassa kahden tai useamman organisaation potilastiedot on tallennettu yhteen yhteiseen tietokantaan. Yksi organisaatio, esimerkiksi keskussairaala, ylläpitää palvelinta, johon on tallennettu alueen muidenkin organisaatioiden potilastiedot. Keskitetty tietokanta on teknisesti kohtalaisen helppo ratkaisu, mutta se edellyttää, että kaikki organisaatiot alueella käyttävät samaa potilastietojärjestelmää.

Toinen vaihtoehto on hajautettu tietokanta. Mallista käytetään myös nimitystä viitetietokanta, koska siinä luodaan erillinen hakemisto, jonka kautta tietoa haetaan tietokannoista.



KUVA 14: Navitas-viitetietohakemisto ja sen käyttöperiaate [44]

Navitas-palvelun ja siitä rakentuvan aluetietojärjestelmäkokonaisuuden ydin on viitetietohakemisto. Viitetietohakemisto on tietokanta, joka sisältää potilaiden hoitotapahtumista ja -kokonaisuuksista muodostuvat viitteet. Viitteistä on edelleen linkkejä tiedon tuottaneen yksikön perusjärjestelmiin. Yksityiskohtaiset tiedot haetaan

viitetietokantaan tallennetun viitteen perusteella sen toimintayksikön tietojärjestelmästä, johon itse tieto on tallennettu. Varsinaiset hoitotiedot tallennetaan aina tiedon tuottaneen yksikön omiin tietojärjestelmiin, eikä niitä monisteta Navitakseen.

Viitteiden kautta voidaan potilaan suostumuksella katsella toisen organisaation potilastietojärjestelmässä olevia kertomustietoja. Ilman potilaan antamaa suostumusta ei tietojen hyväksikäyttö ole mahdollista. Viitetietohakemisto on tarkoitettu eri potilastietojärjestelmiin tallennettujen potilastietojen katseluun – sen kautta ei voi tallentaa uutta tietoa tai muuttaa tietoja.

Viitetietokannan ylläpitäjä vastaa tietokannan päivittämisestä, varmistamisesta sekä valvonnasta. Hoitoyksiköt päivittävät viitetietohakemistot kerran vuorokaudessa.

Hajautettu järjestelmä on teknisesti keskitettyä tietokantaa huomattavasti monimutkaisempi. Etuna kuitenkin on, että eri järjestelmiä hyödyntävät organisaatiot voivat välittää potilastietoja keskenään ilman, että käytössä olevia tietojärjestelmiä tarvitsee muuttaa samanlaiseksi alueen muiden organisaatioiden kanssa.

Koska paperinen potilaskertomus on täysin mobiili, pitää sähköisen potilaskertomuksen olla ainakin osiltaan mobiili, mieluiten täysin mobiili. Tämä edellyttää sähköisen vastineen kehittämistä paperidokumenteille kaikilla hoitotasoilla. Kenttälääkinnässä asia voidaan toteuttaa PDA-tyyppisillä laitteilla esimerkiksi lääkintämiesten osalta. Evakuointiajoneuvoissa voi olla ruggeroitu PC ja ensihoitokeskuksissa lehtiö-PC -tyyppinen päätelaiteratkaisu.

4.1.2 Hallintojärjestelmät

Hallintojärjestelmät ovat erillisjärjestelmiä, mutta integroituna potilaskertomukseen ne palvelevat myös potilastiedon hallintaa.

Potilashallinnon lomakkeita on käytössä noin 100 erilaista. Näistä suuri osa liittyy potilaan kutsumiseen, tutkimusajan varaukseen, tilastointiin ja taustatietoihin – esimerkkeinä potilasluettelot, potilaskirjeet ja -tarrat sekä päivittäistä toimintaa kuvaavat yhteenvedot. Myös maksusitoumukset sekä laskutukseen ja sairauskertomuksen lainaukseen liittyvät lomakkeet kuuluvat potilashallinnon piiriin.

Järjestelmä tuottaa lisäksi runsaasti erilaisia tilastoja ja muuta tietoa eri yksiköille, kunnille ja muille viranomaisille. Hallintojärjestelmistä on rajapintoja useisiin sairaalan erillisjärjestelmiin, kuten laboratoriojärjestelmään. Hallintojärjestelmiä ollaan korvaamassa uusilla, potilastietojärjestelmiin integroiduilla järjestelmillä, joista esimerkkinä keskussairaaloiden ja yliopistollisten sairaaloiden Effica.

4.1.3 Kuvantamisjärjestelmät

Kuvantamisjärjestelmillä tarkoitetaan digitaalisilla kuvauslaitteilla tuotettujen lääketieteellisten kuvien tallennusta ja käsittelyä tietokonepohjaisesti. Täydellinen digitaalinen kuvantamisjärjestelmä sisältää neljä perustoimintoa:

- Digitaalinen kuvaus
- Kuvan esikatselu ja esikäsittely (tapahtuu yleensä kuvantamislaitteen työ- tai ohjauskonsolissa kuvauksen yhteydessä)
- Kuvan arkistointi ja katselu erillisellä PACS (Picture Archive System) -kuva-arkistojärjestelmällä
- Kuvien sekä kuviin liittyvien potilastietojen hallinnointi RIS (Radiology Information System) -tietokantaohjelmistolla

Paljon kuvauksia tekevillä röntgenosastoilla on yleensä erilliset PACS-, RIS- ja kuvauslaiteratkaisut. Kevyemmissä sovelluksissa, joissa digitaalisten kuvien määrä ja koko ovat pieniä, perustoiminnot saattavat olla sulautettuina varsinaiseen kuvantamislaitteeseen. PACS -järjestelmällä tarkoitetaan kuvien arkistointiin liittyvää laitteistoa ja ohjelmistoa, esimerkkinä laajat CD-, nauha- ja kovalevyarkistot. RIS-järjestelmillä tarkoitetaan potilastietojen hallinnointiin liittyviä järjestelmiä. Ne ovat perinteisesti olleet erillään muista potilashallintojärjestelmistä, mikä on aiheuttanut tarpeetonta lisätyötä osastoilla. Potilastietojärjestelmien kuvankäsittely- ja multimediavalmiuksia kehitetään niin, että tarvittaessa kaikki potilaaseen liittyvä kuvainformaatio olisi osa potilaskertomusta.

Radiologian osastoilla yleisimmin käytettävät digitaaliset kuvantamisratkaisut ovat tietokonetomografia ja magneettikuvantaminen. Kumpikin tuottaa vain digitaalista informaatiota. Jos tarvitaan filmikuvia, ne tulostetaan tarkkuuslasertulostimella erikoisfilmille.

Perinteiset filmipohjaiset röntgenlaitteet voidaan korvata uusilla digitaalisilla kuvauslaitteilla, joissa ei käytetä lainkaan filmiä. Vanhempien laitteiden filmi voidaan myös korvata säteilyherkällä kuvauskasetilla, joka asetetaan laitteeseen perinteisen filmin tilalle. Erillinen laitteisto muuntaa kasetille syntyvät kuvat digitaaliseen muotoon, jonka jälkeen niitä voidaan jälkikäsitellä, katsella ja arkistoida sekä tarvittaessa tulostaa lasertulostimella filmille.

4.1.4 Erillisjärjestelmät

Erillisjärjestelmillä tarkoitetaan tietojärjestelmää, joka liittyy potilaiden etäseurantaan, diagnostiikkaan, valvontaan ja hoivaan, mutta ei sisälly mihinkään edellä mainittuun kolmeen ”perusosaan” (potilastieto-, hallinto- ja kuvantamisjärjestelmät).

Sairaaloissa on käytössä useita kymmeniä, suurissa yliopistollisissa sairaaloissa jopa yli 200 erillisjärjestelmää. Käyttötarkoituksensa perusteella ne voidaan jakaa kahteen pääryhmään; tutkimus- ja analysointijärjestelmät sekä suppeahkojen erikoisalojen omat potilastieto- ja hallintoratkaisut.

Suuri osa sairaaloiden erillisjärjestelmistä on ollut käytössä jo pitkään, minkä takia niistä käytetään nimitystä perinnejärjestelmä. Joitakin perinne- ja erillisjärjestelmien toimintoja voidaan korvata uusilla potilastieto- ja hallintojärjestelmillä, mutta ei kaikkia. Tämän takia sairaaloissa on käytössä perinnejärjestelmiä vielä vähintäänkin kymmenen vuoden ajan. Järjestelmien tuottaman tiedon liittäminen uusiin potilastietojärjestelmiin on erittäin suuri haaste.

Erillisjärjestelmiä on käytössä sairaaloiden lisäksi myös muualla terveydenhuollossa, esimerkiksi kotihoidossa ja jopa ambulansseissa. Niillä voidaan hoitaa mm. seuraavia toimintoja: laboratoriojärjestelmät, mittaus ja monitorointi, etäseuranta ja -monitorointi, konsultaatiojärjestelmät ja ammattilaisten hoito-ohjeistukset.

Laboratoriojärjestelmä on ohjelmisto, joka mahdollistaa laboratoriotulosten vastaanottamisen ja perusrekisterin ylläpidon. Laboratoriojärjestelmällä osastot ja muut laboratoriopalvelujen tilaajat voivat tehdä tutkimuspyyntöjä sekä katsella tuloksia.

Mittaus- ja monitorointijärjestelmät ovat poikkeuksetta käytössä kaikissa Suomen sairaaloissa. Tyypillisimpiä esimerkkejä ovat digitaaliset elektroenkefalografia EEG

(aivosähkökäyrä; aivojen sähköilmiöiden rekisteröinti ja analysointi)- ja elektrokardiografia EKG (sydänsähkökäyrä; sydämen toimintaan liittyvien sähköilmiöiden rekisteröinti ja analysointi) -mittaus sekä analyysi- ja arkistointiohjelmistot. Mittauksesta saatu data tallennetaan digitaaliseen muotoon. Eri toimittajien sovelluksissa on yleensä käytössä erilaiset tiedon tallennusformaatit, jonka takia järjestelmien tuottaman tiedon katselu muilla vastaavilla, esimerkiksi eri sairaalan järjestelmillä on hankalaa, joskus jopa mahdotonta.

Potilaan fyysisen sijainnin tai terveydentilan seuranta etäältä voidaan toteuttaa kännykkä- ja langattomien monitorointiratkaisujen avulla. Paikannukseen käytetään satelliittijärjestelmää, langatonta puhelinverkkoa tai lyhyillä etäisyyksillä RFID (Radio Frequency Identification) -tekniikkaa. Sen avulla valvotaan yleensä kiinteistön tai rakennuksen sisällä tapahtuvaa liikkumista. Potilaalle annetaan sirulla varustettu ranneke, johon valvottavaan tilaan sijoitetut erityisanturit reagoivat. RFID-antureiden kantama on enintään kymmeniä metrejä.

Fyysisen sijainnin seurannan lisäksi on mahdollista suorittaa fysiologisten toimintojen ja hyvinvoinnin etämittauksia. Tyypillinen esimerkki on EKG-mittaus, jonka tulokset voidaan lähettää esimerkiksi ambulanssista matkapuhelinverkon välityksellä asiantuntijalääkärille lausuntoa varten. Tekniikka mahdollistaa elektronisten komponenttien liittämisen osaksi vaatetta. Tällaisen älykkään vaateen avulla on mahdollista valvoa ihmisen elintoimintoja, kuten EKG, elektromyografia EMG (lihastoimintaan liittyvien sähköilmiöiden rekisteröinti ja analysointi), hengitys ja ihon lämpötila.

Langattoman sairaalajärjestelmän etuja on se, että mittaustieto voidaan tallentaa syntyhetkellä tietojärjestelmiin, eikä tieto jää pöydälle odottamaan kirjoittamista. Langaton sairaalajärjestelmä voi seurata potilaita, henkilökuntaa ja jopa hoitovälineitä reaaliajassa.

Konsultaatiojärjestelmän avulla ammattilainen voi lähettää erikoisalan tiedot keskitettyyn palvelimeen, josta toinen asiantuntija voi noutaa tiedon ja antaa lausunnon. Käyttäjä voi olla yhteydessä palvelimeen joko selaimen tai palvelua varten erikseen suunnitellun sovellusohjelmiston avulla. Periaatteessa mikä tahansa erikoisala voi hyödyntää ratkaisua, mutta otollisimpia käyttökohteita ovat

erityisosaamista vaativien tietojen, kuten röntgenkuvien tai EEG- ja EKG-käyrien tulkinta.

Toimintatapansa vuoksi järjestelmistä käytetään Suomessa joskus nimitystä lausuntotori. Yhdysvalloissa vastaava store-and-forward-konsultaatio on jo vakiintuneessa käytössä, mutta Suomessa käyttö on vähäistä. Syy ei ole tekniikassa vaan lähinnä organisoinnissa ja virkajärjestelyjen aiheuttamissa käytännön ongelmissa.

Ammattilaisten käyttöön suunnattuja ohjeistuksia ja tietokantoja on mahdollista toteuttaa joko osana terveydenhuollon sisäisiä tietojärjestelmiä tai laajemman käyttäjäkunnan Internet-ratkaisuina.

Duodecimin ylläpitämät, Internetin kautta käytettävät käypä-hoito-ohjeet ovat yksi parhaista ammattilaisten hoito-ohjeistuksista maailmassa. Sivuilta löytyy myös muita ohjeita ja linkkejä diagnostiikkaan, samoin terveyskirjasto. Internet-ohjeistuksen etuna on nopea päivitettävyys ja ajantasaisuus, mutta toiminta vaatii runsaasti asiantuntemusta ja panostuksia ylläpitoon. Ohjeistuksen oikeellisuuden takeena on riittävän luotettava taustaorganisaatio.

4.2 Millaista tietoa siirretään

Ennen kuin teknologia voidaan valita, on määritettävä millaista tietoa ja mihin tietoa halutaan siirtää. Huomioitavia asioita ovat ainakin tarvittavat palvelut, informaation laatu ja määrä, yhteistoimintaosapuolet sekä tietoturvallisuusasiat. Näiden perusteella voidaan määrittää tiedonsiirron välineet ja tarvittavat verkostot.[14]

Luvussa 3.2 telelääketiede jaoteltiin hoitotasojen, toimijaosapuolten sekä vuorovaikutuksen ja siirrettävän datan informaatiotyyppin perusteella. Vuorovaikutus voidaan jakaa reaaliaikaiseen (synkroninen) ja ei-reaaliaikaiseen (asynkroninen) vuorovaikutukseen. Ei-reaaliaikaisessa vuorovaikutuksessa tiedon keräämisen, taltioinnin ja asiantuntijalausunnon välillä voi olla pitkäkin aika (store-and-forward). Reaaliaikaisessa vuorovaikutuksessa ei juuri ole viiveitä tiedon keräämisen, lähettämisen ja esittämisen välillä.

Ei-reaaliaikainen telelääketiede on helpompaa toteuttaa kuin reaaliaikainen, sillä reaaliaikainen telelääketiede vaatii asiakkaan ja asiantuntijan tai asiantuntijoiden

yhtäaikaisen paikallaolon. Lisäksi reaaliaikaisen lähetyksen kapasiteettivaatimukset ja laitteistovaatimukset ainakin videoyhteyksien osalta ovat huomattavasti suuremmat kuin ei-reaaliaikaisen lähetyksen. Toisaalta reaaliaikaisella telelääketieteellä on mahdollista saavuttaa välittömiä tuloksia. Lähetettyjä tietoja voidaan tarkentaa ja lähettää lisää asiantuntijan toiveiden mukaan. Esitettyihin kysymyksiin voidaan vastata välittömästi. Reaaliaikaisena kaksisuuntainen kommunikointi poistaa viiveet, joita aiheutuu esimerkiksi käytettäessä sähköpostia.

Tilanne määrittää tarvittavan yhteysmuodon. Ei-reaaliaikainen telelääketiede soveltuu ei-kiireellisiin tapauksiin, sekä tapauksiin, joissa asiantuntija kykenee tekemään päätökset kerätyn, tallennetun ja hänelle lähetetyn tiedon perusteella. Tällöin saattaa syntyä ongelmia tiedon määrän ja laadun suhteen. Mikäli kaikki kerätty tieto lähetetään asiantuntijalle, saattaa tiedon määrä olla huomattavan suuri huolimatta kehittyneistä tiedon pakkaustekniikoista. Mikäli kerättyä tietoa suodatetaan ennen asiantuntijalle lähettämistä, saadaan tietomäärää pienennettyä, mutta se edellyttää tiedon suodattajalta huomattavaa ammattitaitoa. Paras tulos saataneen yhdistämällä menetelmät. Asiantuntija tekee, mieluusti reaaliaikaisen keskustelun pohjalta, kerätyn tiedon analysoinnin ja suodattamisen. Asiakas lähettää suodatetun tiedon pakattuna asiantuntijalle.

Reaaliaikainen telelääketiede soveltuu vastaavasti kiireellisiin tapauksiin, joissa hoitoviiveet voivat aiheuttaa hengenvaaraa.

Telelääketieteen tärkeimmät tietotyypit voidaan jakaa viiteen kategoriaan:

- dokumentit
- pysäytyskuvat
- ääni ja monitorointidata
- video
- sähköiset potilastietokannat

Dokumentit sisältävät tekstimuodossa olevia raportteja, kirjeitä sekä hoitotietoja. Tiedot voivat olla joko paperilla, ja lähettää postitse, tai dokumentit voidaan digitoida skannaamalla ja lähettää tietojärjestelmien avulla.

Käyttötarkoitus määrittää pysäytyskuvien laadun. Diagnosointia varten tarvitaan laadukkaita, yksityiskohtaisia kuvia. Useimmiten telelääketieteessä riittää hyvissä

olosuhteissa, edullisellakin digitaali- tai videokameralla otettu kuva. Esimerkiksi teledermatologia ja osittain myös telepatologia ovat mahdollisia hyvinkin edullisilla laitteilla. Vastaavasti EKG-käyriä ja röntgenkuvia voidaan skannata digitaalisiksi, jolloin vanhempienkin laitteiden tuottamia kuvia voidaan siirtää sähköisessä muodossa. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) on lääketieteellisten kuvien ja niiden oheistietojen siirtoon, tallentamiseen, hakemiseen, tulostukseen ja hallintaan kohdistuva standardi.

Telelääketieteessä pysäytyskuvia käytetään erityisesti teleradiologiassa; röntgenkuvat, tietokonetomografiakuvat sekä magneettikuvat. Muita käyttökohteita ovat telepatologia sekä teledermatologia. Telepatologian käyttö on lisääntynyt huomattavat sen jälkeen, kun näytteiden kuvantaminen digitaaliseen muotoon kehittyi. Näytteistä voidaan muodostaa ”digitaalinen näyte” tai ”virtuaalinäyte”, jonka koko on satoja megabittejä. Käytössä on myös reaaliaikaiseen kuvantamiseen pystyviä, etäohjattavia mikroskooppeja.

Yksinkertaisimmillaan reaaliaikainen telelääketiede on puhelinkeskustelua. Puhelinverkko ei kuitenkaan sovellu parhaalla tavalla eri laitteilla, kuten digitaalisella stetoskoopilla, kerättyjen äänien lähettämiseen.

Digitaaliseen muotoon talletettu ääni mahdollistaa tiedon pakkaamisen ja jatkokäsittelyn. Yksinkertaisimmillaan äänet voidaan taltioda PC:n äänikorttiin liitettävällä mikrofonilla tai ultraäänilaitteella.

Muita datalähetteitä ovat esimerkiksi tele-EKG ja tele-EEG. EKG on menetelmä nauhoittaa sydämen sähköisiä impulsseja. EKG on veretön ja erittäin yleinen ja käyttökelpoinen tutkimus lääketieteellisessä diagnostiikassa. EKG koostuu niin kutsutuista komplekseista ja eri aalloista, jotka kuvaavat sydämen eteisten ja kammioden toimintaa. Mittaus toteutetaan useimmiten 12-kytkentäisesti. Näytteenottotaajuus on 1000 Hz ja näyte koodataan 12 bitillä. Tällöin sekunnin mittaus tuottaa 144 kilobitin raakadatan.

EEG eli aivosähkökäyrä on aivojen toiminnan kuvantamista mittaamalla aivojen sähköistä aktiviteettia kallon pinnalta. EEG-mittaus toteutetaan useimmiten 32-

kytkentäisesti. Näytteenottonopeus on 200 Hz, näyte koodataan 16 bitillä. Tällöin 30 minuutin mittaus tuottaa 23 Mt tiedoston.

Telelääketiede ymmärretään perinteisesti videokonsultaationa, jossa reaaliaikaista videokuvaa siirretään asiakkaan ja asiantuntijan välillä. Videokonsultaatio on yksi telelääketieteen muoto, mutta ei missään nimessä ainoa ja kaikkialla toimiva ratkaisu. Videokuvaa siirrettäessä on huomioitava tarvittava kuvanlaatu ja siirtokapasiteetti. Mitä laadukkaampi kuva sitä suuremman siirtokaistan se tarvitsee.

Videokuvan siirtoon voidaan käyttää joko erillisiä videoneuvottelulaitteita tai hieman heikompileatuista, mutta telelääketieteen tarkoitukseen riittävää, PC:n yhdistettyä Web-kameraa.

Toistaiseksi huomattava osa telelääketieteestä on toteutettu dokumenttien, monitorointidatan ja pysäytyskuvien muodossa. Videokuvan käyttö telelääketieteessä on kasvanut jatkuvasti alentuneiden laitekustannusten ja parantuneiden tiedonsiirtoyhteyksien vuoksi.

Yhdistämällä vuorovaikutustavat sekä informaatiotyyppit voidaan telelääketiede jakaa kuvan 15 mukaisesti [14].

		TIETOTYYPPI	
VUOROVAIKUTUS		Pysäytyskuva	Liikkuva kuva (video)
	Reaaliaikainen (synkroninen)		Telepsykiatria
	Ei reaaliaikainen (asynkroninen)	Teleradiologia	

KUVA 15: Telelääketieteen jaottelu vuorovaikutus- ja informaatiotyyppien mukaan

Käytännön työssä yhdistetään sekä reaaliaikaisia että ei-reaaliaikaisia menetelmiä.

4.3 Johtopäätökset

Liitteessä 1 on esitetty joidenkin lääketieteessä käytettyjen laitteiden ominaisuuksia sekä tietomääriä, joita laitteet tuottavat. Tietomäärät vaihtelevat huomattavasti lähteestä riippuen. Pakkausmenetelmät, resoluutio, kuvataajuus, näytteenottoaika, sensoreiden määrä, näytteen koodaus jne. vaikuttavat huomattavasti tiedoston kokoon. Näin ollen on erittäin vaikeata määrittää yleisiä vaatimuksia tiedostojen koolle.

Esimerkiksi lähteen [43] mukaan, 11 Mbit TIFF (Tagged Image File Format) -muotoon tallennettu röntgenkuva voidaan pakata 11 kbit kokoiseksi. Pakkaussuhde on tuhatkertainen. Vaikka tällainen ultrapakkaus heikentää jonkin verran kuvan laatua, on kuva edelleen erittäin käyttökelpoinen.

Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että telelääketieteen toteuttamiseen riittävät hyvinkin pienet siirtonopeudet. Vaikka raakadatan määrä saattaa olla hyvinkin suuri, saadaan sitä pienennettyä tehokkailla pakkaustekniikoilla. Hitailla tiedonsiirtonopeuksilla näytteiden kokoa voidaan pienentää tai näytteen pituutta lyhentää. Lähteessä [100] todettiin GPRS:n riittävän käytännössäkin hyvin kuvien siirtoon ja telekonsultaatioon lääkärin kanssa.

Tiedonsiirtotarpeet vaihtelevat myös tapauskohtaisesti. Tekniikkaa voidaan hyödyntää monella tapaa onnettomuustilanteissa (yhteydenpito, navigointi, potilaan tunnistaminen, potilaan seuranta, monitorointi, ambulanssin paikantaminen, hoitohenkilöstön turvallisuus, toiminnan johtaminen, datansiirto jne.) Käyttötapaustutkimuksen perusteella olisi mahdollista määrittää tiedonsiirtotarpeet (mitä siirretään ja millaista kapasiteettia tarvitaan) tapauskohtaisesti. Käyttötapaustutkimuksessa määritettäisiin vallitsevat olosuhteet, suoritettavat hoitotoimenpiteet, tieto- ja yhteystarpeet. Näiden perusteella voitaisiin määrittää tapauskohtaisesti siirrettävä tietomäärä ja tarvittava tiedonsiirtokapasiteetti.

5 KENTTÄTELELÄÄKETIETEEN JÄRJESTELMIÄ

"Paper goes thousands of miles and through dozens of hands, and it doesn't always make it."

"In Operation Iraqi Freedom, I've seen doctors resort to writing notes on patients' dressings to let the next care provider know what was done. My personal opinion is they need to wear their record on their neck."

U.S. Army Col. John Holcomb[70]

5.1 Medical Communication for Combat Casualty Care (MC4)

Yhdysvaltain armeijan kenttäohjesäännössä, FM 4-02.10 Theater Hospitalization 2005, sana "telemedicine" mainitaan yhteensä 64 kertaa. Lähteen [59] mukaan Yhdysvaltain armeija on toimittanut vuodesta 2003 alkaen Irakissa oleville lääkintäjoukoille yhteensä 12000 kannettavaa tietokonetta ja PDA (Personal Digital Assistant) -laitetta sähköisten terveydenhuoltopalvelujen toteuttamiseksi. Sähköisillä terveydenhuoltopalveluilla on siis suuri merkitys Yhdysvaltain armeijan kenttälääkinnässä. Kuinka nämä palvelut käytännössä toteutetaan?

MC4 on maailmanlaajuinen, Yhdysvaltain maavoimien (Army) käyttöön hyväksytty lääkintätietojärjestelmä. Se on Yhdysvaltain maavoimien panos kaikkien puolustushaarojen yhteiseen lääkintähankkeeseen TMIP (Theater Medical Information Program), jonka neljä keskeistä komponenttia ovat sähköinen potilastietojärjestelmä, kenttälääkinnän johtaminen ja hallinto, lääkintälogistiikka sekä potilaiden evakuointi ja seuranta [61]. MC4 perustuu tietojen sähköiseen käsittelyyn läpi koko hoitoketjun, joka mahdollistaa tallennetun tiedon jakamisen kaikille tarvitsijoille.

MC4-järjestelmää voidaan tarkastella jakamalla se kolmeen osaan; laitteisto, ohjelmistot ja tiedonsiirtoyhteydet.

Laitteisto muodostuu PDA- ja kannettavista tietokoneista, siirrettävistä palvelimista, tulostimista ja muista lisälaitteista, kuten skannereista ja viivakoodinlukijoista.



KUVA 16: MC4 -järjestelmän palvelimia ja reitittimiä

PDA-laitteena käytetään tällä hetkellä HP iPAQ H4700 kämmentietokonetta, joka ollaan vaihtamassa Motorolan MC70-malliin. MC70 on ruggeroitu, joten se ei tarvitse erillistä koteloa kuten HP:n laite. Lisäksi siinä on viivakoodilukija, radiolähetin ja kosketusnäytön lisäksi näppäimistö, jossa on 44 näppäintä.[50]

PDA on jokaisen lääkintämiehen perustyöväline. Sähköinen tuntolevy, yhdessä PDA-laitteen puheentunnistuksen, katseeseen perustuvan tietojensyötön ja kohinavaimennetun mikrofonin kanssa, mahdollistaa lääkintämiehen toiminnan siten, että molemmat kädet ovat käytettävissä potilaan hoitoon. PDA-laitteen lisäominaisuudet ovat osa laajempaa visiota "hands-free battlefield" -terveydenhoito.

Ominaisuudet eivät ole vielä täysimittaisessa käytössä, mutta niiden kehittäminen on erittäin pitkällä.[70]

MC4 sisältää useita palvelinversioita riippuen hoitopisteen koosta ja sijainnista. Pienimmissä paikoissa palvelimena on Panasonicin Toughbook ja suuremmissa hoitopisteissä HP DL380 Proliant G3 ja G4 varustettuna UPS-järjestelmällä.[121] Liitteessä 2 on yksi MC4 -järjestelmään kuuluva laitekoonpano. Lähteessä [91] on lueteltu kaikki MC4-järjestelmän laitekoonpanot.

MC4-järjestelmään sisältyy useita ohjelmistoja, joista tärkeimmät ovat Battlefield Medical Information System Telemedicine - Joint (BMIST-J) ja Composite Health Care System II – Theater (CHCS II-T)

BMIST-J on PDA-laitteeseen asennettu ohjelmisto, joka on synkronoitavissa CHCS II-T:n kanssa. BMIST-J:n tavoitteena on vähentää uudelleen syötettävän tiedon määrää ja paperitöitä, mahdollistaa tiedon haku aikaisemmin tavoittamattomissa olevista lähteistä sekä taltioida tarkemmin aikaisemmin tehdyt hoitotoimenpiteet. BMIST-J:n ja PDA-laitteen avulla lääkintämies kirjaa suorittamansa hoitotoimenpiteet ja päivittää tiedot potilaan sähköiseen tuntelevyyn. Ohjelmisto sisältää potilaiden lääkintähistorian ja verkottuneessa ympäristössä myös konsultaatiomahdollisuuden. Ohjelmiston avulla lääkintämies voi tilata lisämateriaalia ja sen avulla seurataan lääkintämateriaalin kulutusta. Järjestelmään on mahdollista integroida päälle puettavia monisensoreita, jotka mittaavat mm. hengitystiheyttä, pulssia ja vartalon asentoa [72]. Lähteessä [123] löytyy käyttöohje BMIST-J-ohjelmistolle.

CHCS II-T on käytännössä laptop-tietokoneisiin asennettu ohjelmisto. Se on stand-alone kenttäversio CHCS II potilastietojärjestelmästä, jota käytetään Yhdysvaltain puolustusministeriön alaisissa hoitolaitoksissa. Kenttälääkinnän hoitotoimenpiteet tallennetaan paikallisiin tietokantoihin. Kun CHCS II-T järjestelmä muodostaa yhteyden CHCS II:een, päivitetään hoitotietokannat CHCS II:een ja tiedot liitetään osaksi potilastiedostoa.

Järjestelmässä on jokaiselle potilaalle oma tiedosto, joka sisältää kaiken hoitotiedon, jota puolustusministeriön alainen lääkintähenkilöstö on potilaalle antanut. Nämä

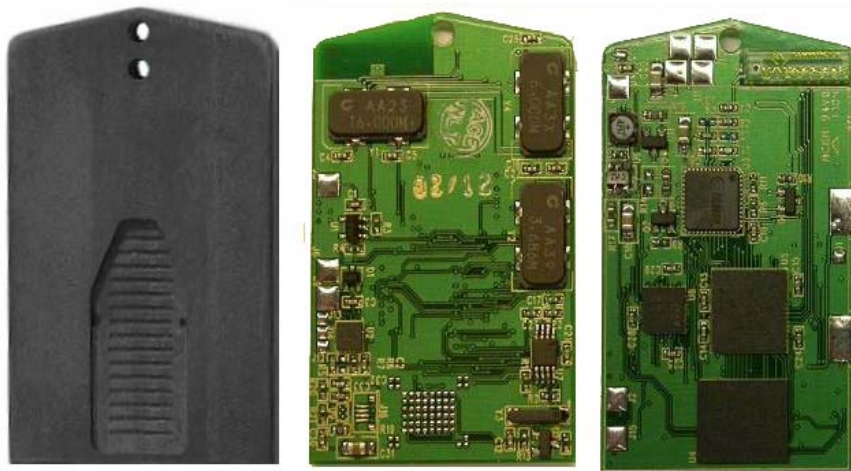
tiedot ovat käytettävissä missä tahansa hoitopisteessä ympäri maailman. Lähteestä [122] löytyy käyttöohje CHCS II-T-ohjelmistolle.

MC4-järjestelmään kuuluu lisäksi lääkintätietokantoja, kuten Micromedex ja MEDIC (Medical, Environmental, Disease, Intelligence and Countermeasures).

Keskeinen osa koko järjestelmää on sähköinen tuntolevy - PIC (Personal Information Carrier). Sähköinen tuntolevy oli vastaus käytännön ongelmiin. Sotilaat olivat jo pitkään vaatineet mahdollisuutta pitää henkilökohtaisia terveystietoja mukanaan mm. hoidon jatkuvuuden takaamiseksi niin operaatiossa kuin operaation jälkeenkin. Tämä ei ole onnistunut käytettäessä paperisia lomakkeita. Tietojen siirto, paperiasiakirjojen säilytys, arkistointi ja lähettäminen eri toimipisteisiin ei ole toiminut halutulla tavalla kenttäolosuhteissa. Paperiasiakirjat ovat kuluneet, revenneet ja merkinnät muuttuneet lukukelvottomiksi. Tieto on ollut tallennettuna vain yhteen pisteeseen, joten kokonaiskuvan saaminen esimerkiksi tappioista on ollut hankalaa.

Yhteisoperaatioissa tietoa olisi kyettävä jakamaan eri kansallisuuksien välillä. Paperiasiakirjojen päivittäminen ja jakaminen on hankalaa. Lisäksi jokaisella maalla on omanlaisensa paperiasiakirja. MC4-järjestelmän ansiosta jokaisesta sotilaasta kerätään sähköinen tietokanta, joka on helposti siirrettävissä, varmennettavissa ja jaettavissa tarvitsijoille.

Tuntolevystä on kehitetty myös lähettimen sisältävä versio WPIC (Wireless Personal Information Carrier - käytetään myös nimitystä EIC, Electronic Information Carrier). Tuntolevyyn kerätään kaikki potilasta koskevat terveyteen liittyvät tapahtumat, kuten esimerkiksi rokotukset ja hammastiedot. Joka kerta kun hoitotoimenpide suoritetaan, päivitetään myös PIC sekä siitä otetaan varmistus MC4-järjestelmään. Kaikki aikaisempi hoitotieto on välittömästi lääkintähenkilöstön hyödynnettävissä.



KUVA 17: Sähköinen tuntolevy [138]

- Kapasiteetti 4 Gbit
- USB ja langaton liityntä BMIST-sovellukseen (max 10 m)
- Ad-Hoc (EIC – EIC) -verkonmuodostus
- Jäljitysmahdollisuus

Lääkintämies on MC4-järjestelmän hoitoketjun ensimmäinen kontakti. Lääkintämies tallentaa suorittamansa hoitotoimenpiteet PIC:iin mukanaan olevalla PDA-laitteella. Mikäli pataljoonan ensihoitoasemaan on yhteys, lähetetään tiedot myös sinne.[22]

Mikäli potilas tarvitsee jatkohoitoa, hänet evakuoidaan ylemmän tason hoitopaikkaan, yleisimmin pataljoonan ensihoitoasemalle. Evakuointi suoritetaan erityisillä evakuointiajoneuvoilla tai helikoptereilla. Evakuoinnin aikana potilasta tarkkaillaan evakuointiajoneuvojen hoitovälineillä. Jokainen ajoneuvo on varustettu tietokoneella, joka pystyy kommunikoimaan hoidettavan PIC:n kanssa. Evakuointimatkan aikana tehdyt hoitotoimenpiteet tallennetaan PIC:iin sekä lähetetään evakuointipaikkaan. Evakuointipaikasta voidaan antaa lisäohjeita evakuoinnin aikana, esimerkiksi mikäli evakuointipaikka muuttuu kesken evakuoinnin.[22]

Pataljoonan hoitopaikassa uhrin hoitoa jatketaan. Lääkintähenkilöstö lukee uhrin PIC:stä mitä hoitoa ja lääkitystä uhri on saanut ja oleelliset tiedot uhrin potilashistoriasta. Kaikki aikaisemmin kerätyt sekä pataljoonassa tallennetut tiedot tallennetaan paikalliseen tietokantaan. Tiedot lähetetään myös ylemmälle hoitopaikalle ja lopulta operaatioalueen yhteistietokantaan.[2]

Tiedonsiirtojärjestelmien ja tietoa keräävien antureiden kehittyessä telelääketieteelle löytyy jatkuvasti uusia sovelluskohteita. Langattomat sensorit ja lähettimet mahdollistavat henkilön liikkumisen. Sensoreilla kyetään mittaamaan henkilön biosignaaleja ja tekemään johtopäätöksiä henkilön suorituskyvystä.

Yhdysvaltain Warrior-järjestelmässä taistelijalla on mukana tietokone, GPS (Global Positioning System) -paikannin sekä radio, jossa on hätäkutsupainike. Jos henkilön hätäkutsu aktivoidaan, lähettää radio hätäkutsun ja tiedot vitalitoiminteista lääkintämiehelle sekä joukkueen johtajalle. Lääkintämies kykenee GPS:n avulla paikantamaan ja löytämään kohteen. Mikäli hätäkutsuja on useita, kykenee lääkintämies tekemään potilasajittelun vitalitoimintolähetteiden perusteella ja siten priorisoimaan avunantojärjestyksen.

Osana järjestelmää on taistelijan fyysisen tilan tarkkailumahdollisuus. Taistelijan varustukseen kuuluu sensoreita, joiden avulla voidaan tarkkailla henkilön vitalitoimintoja, lämpörasitusta, nestetasapainoa, vireystilaa ja esimerkiksi sitä, nukkuuko taistelija.[22] Sensorit syöttävät tietoa sotilaan taisteluvarustukseen kuuluvaan tietokoneeseen. Tietokone käsittelee dataa ja tekee niistä johtopäätöksiä ilmaisten sotilaan statuksen; punainen – keltainen – vihreä.

5.2 Evacuation Support System EVACSYS

Tämä luku perustuu pääsääntöisesti lähteeseen [20].

EVACSYS (Evacuation Support System) on Norjan käytössä oleva evakuointi ja kenttälääkintäjärjestelmä. Se on pohjimmiltaan suunniteltu potilastiedon keräämiseen, taltiointiin ja jakamiseen. Se korvaa vanhat paperiset lääkintäkortit sekä huomattavan määrän sanallista kommunikaatiota eri hoitotasojen välillä.

EVACSYS on kehitetty yhteistyössä Yhdysvaltain kanssa. Se perustuu hyvin samankaltaiseen toimintamalliin kuin MC4-järjestelmä. EVACSYS-järjestelmän toimintamalli on esitetty liitteessä 3.

Suurimmat haasteet kenttälääkinnän evakuoinnissa voidaan jakaa neljään alueeseen:

- Tiedon kerääminen: Kaikki hoitoon liittyvä oleellinen tieto pitää tallentaa jatkotoimenpiteitä ja tiedon taltiointia varten. Tietojen kerääminen ei saa

olla haitta hoitavalle henkilöstölle vaan sen pitää tukea oikeita hoitomenetelmiä paineenalaisissa tilanteissa.

- Tiedon jakaminen ja standardointi: Tietoa on kyettävä jakamaan. Ei ainoastaan paikallisesti vaan myös muiden tietojärjestelmien kesken. Järjestelmää saatetaan käyttää myös kansainvälisesti, jolloin tiedon on oltava yhteensopivaa siten, että eri maiden tietojärjestelmät kykenevät sitä hyödyntämään.
- Tiedon esittäminen: Evakuointiketjun aikana tuotetaan ja taltioidaan paljon tietoa. Tämä saattaa aiheuttaa ongelman kuinka esittää tieto kunkin tarvitsijan kannalta optimaalisessa muodossa. Tiedon kerääminen ja suodatus on haaste.
- Tietoturvallisuus: Tietojen esittämishaasteeseen liittyy myös tietoturvallisuus. Henkilöllisyyteen ja terveyteen liittyvien tietojen käsittely ja jakaminen ovat monien lakien ja säännösten alaisia.

EVACSYS-järjestelmässä tiedot kirjoitetaan PIC:iin XML (eXtensible Markup Language) -muodossa, jolloin niiden lukemiseen ei tarvita EVACSYS-ohjelmistoa, vaan lukeminen voidaan tehdä millä tahansa web-selaimella.

Lääkintä- ja paikannustieto tallennetaan potilaan PIC:iin. Tieto tallennetaan myös lääkintämiehen PDA:n, jaetaan paikallisesti hoitopisteen lähiverkossa ja tarvittaessa lähetetään seuraavaan hoitopisteeseen ennakkovaroituksena käyttäen esimerkiksi digitaalisia kenttäradioita, satelliitteja, matkapuhelinyhteyksiä ja muita TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) -protokollaa tukevia tiedonsiirtomenetelmiä.

Järjestelmään on mahdollista integroida ulkoisia sensoreita, kuten GPS, ja erilaisia vitaalitoimintoja mittaavia antureita. Laitteet voivat käyttää joko Bluetooth tai RS-232 liitäntää.

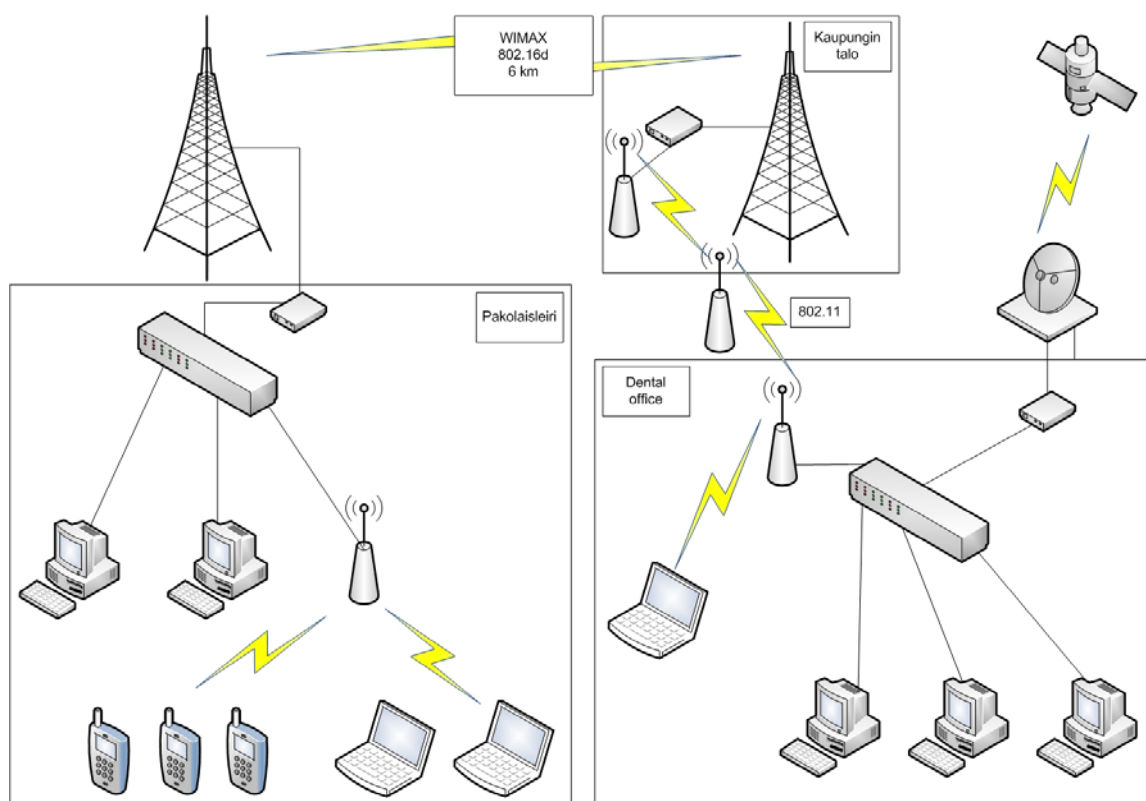
Liitteessä 4 on näkymiä BMIST-J- ja EVACSYS-ohjelmistoista.

5.3 Muita telelääketieteessä käytettäviä järjestelmiä

Kenttälääkintää voidaan hyödyntää esimerkiksi kansainvälisissä kriisinhallintaoperaatioissa, humanitaarisissa avustustehtävissä ja luonnonkatastrofeissa. Kaikille tilanteille on yhteistä paikallisen infrastruktuurin vähintäänkin osittainen, mutta useimmiten täysi tuho. Tsunamin lisäksi viimeaikaiset luonnonkatastrofit, kuten hirmumyrsky Katrina vuonna 2005, ovat herättäneet kansainvälistä keskustelua katastrofialueiden johtamis- ja viestiyhteyksien toteuttamiseksi COTS (Commercial Off The Shelf) -tuotteilla. Huomattava määrä erityyppisiä hätätilanteisiin käytettäviä yksiköitä ja järjestelmiä (Emergency Response Support, ERS) on kehitetty viimeisten vuosien aikana.[11]

Järjestelmillä pyritään kasvattamaan alueen tiedonsiirtokapasiteettia ja peittävyyttä, korvaamaan alueen tuhoutunutta infrastruktuuria ja erityisesti mahdollistamaan yhteensopivuus eri toimijoiden verkkojen välillä.

Lähteessä [25] on määritelty COTS-tuotteilla muodostettu telelääketieteen järjestelmä vuodelta 1996. Teknologiat ovat kehittyneet huomattavasti ja soveltamalla olemassa olevaa välineistöä kyetään muodostamaan hyvinkin toimivia telelääketieteen järjestelmiä. Tästä hyvänä esimerkkinä on Tsunamin tuhoalueelle muodostettu paikallinen tiedonsiirtoverkko, joka liitettiin satelliittiyhteyden välityksellä Internetiin. Yhteydet aikaansaatiin muutaman ammattilaisen, ja alueella olleen tekniikan avulla. Yhteyksiä hyödynnettiin toki paljon muuhunkin kuin telelääketieteeseen. Tämä kuvaakin hyvin telelääketieteen käsitettä ja sen yhteystarpeita. Telelääketiede on palvelu, joka edellyttää tiedonsiirtoyhteyttä. Kun palvelua ei tarvita, olemassa olevaa yhteyttä voidaan käyttää muuhun tiedonsiirtoon.



KUVA 18: Kuva tsunamin tietojärjestelmästä [17]

Tsunamin kaltaisia tilanteita varten on kehitetty monenlaisia ensivasteyksiköitä. Tällaisia ovat esimerkiksi DELTASS (Disaster Emergency Logistic Telemedicine Advanced Satellite System), erilaiset FLYAWAY -järjestelmät, SATCOLT (Satellite Cellsite-On-Light-Truck) ja COW (Cell On Wheels) -konseptit sekä SMART-MC3 (Special Medical Augmentation Response Team, Medical Command, Control, Communications and Telemedicine) -ryhmät. Lisäksi MESA (Broadband Mobility for Emergency and Safety Applications) -projekti pyrkii luomaan erityisesti turvallisuusviranomaisille hätätilanteisiin soveltuvan järjestelmän [73].

SMART-MC3T on Yhdysvaltain ylläpitämä ryhmä, jonka tehtävänä on luoda kriisialueelle johtamis- ja viestijärjestelmä sekä toimittaa telelääketieteen tuki paikallisille toimijoille kriisialueella. Ryhmän lähtövalmius on 12 tuntia ympäri vuoden. Ryhmää on suunniteltu käytettäväksi tuhoalueiden tukemiseen, humanitaariseen apuun ja rauhanturvaamistehtäviin. Ryhmän välineistöä kehitetään jatkuvasti ja TATRC (Telemedicine and Advanced Technology Research Center) tutkii ja testaa jatkuvasti satelliittipohjaisia COTS/GOTS (Governmental Off The Shelf) -tuotteita, joita voitaisiin hyödyntää SMART-operaatioissa (telelääketieteessä).[76]

Ryhmän vahvuus on 6 henkilöä. Välineet ovat ryhmän kannettavissa olevia COTS-tuotteita.[62] Alla on esitetty MC3T-kokoonpano, joka painaa noin 30 kg. Se koostuu seuraavista välineistä, jotka on pakattu yhteen vesitiiviiseen, ruggeroituun laatikkoon:[76]

- ruggeroitu tietokone
- digitaalinen kamera, 4.1 Mpix
- videoneuvottelulaitteisto
- UPS (Unbreakable Power Supply) sekä aurinkopaneeli
- tulostin/skanneri
- satelliittivastaanotin, M4 Inmarsat 64 kbit/s
- 2 * matkapuhelin, käsiradioita
- sähköinen lääkintäkirjasto

Aikaisemmissa kokoonpanoissa oli mukana 3-johtiminen EKG, pulssioximetri, verenpainemittari, bensiinikäyttöinen voimakone (1 kW) ja VSAT (Very Small Aperture Terminal) -satelliittiyhteys (64–768 kbit/s; 2-4 puhelinyhteyttä, TCP/IP, ISDN (Integrated Services Digital Network) - videoneuvottelulle).

Liitteessä 7 on joitakin markkinoilla olevia, hätätilanteissa käytettäviä järjestelmiä. Järjestelmät vaihtelevat ajoneuvoon asennetusta, miljoonan dollarin arvoisesti SATCOLT-järjestelmästä [57] muutamien kilojen kannettaviin järjestelmiin.

Sekä kotimaassa että kansainvälisissä tehtävissä tapahtuvan kenttälääkinnän näkökulmasta mielenkiintoisia järjestelmiä ovat erityisesti ACU-tuoteperhe (Raytheon JSP), ReadySET (General Dynamics), DCN (International Communications Group), IMICS (Cisco) ja Tactical Communication Kit (Cisco ja CACI).

Yhteisinä piirteinä kaikilla järjestelmillä voidaan katsoa olevan:

- moduulirakenne, joka mahdollistaa laitteiston kokoonpanon muodostamisen tilanteenmukaisen tarpeen pohjalta,
- satelliittiyhteydet,
- IP-pohjaiset tiedonsiirtoratkaisut (lähiverkot, VoIP),
- pyrkimys yhteensopivuuteen useiden järjestelmien kanssa,
- pieni koko ja paino (pl. ajoneuvoversiot), joka mahdollistaa laitteiden siirtämisen tarvittaessa kantamalla.

5.4 Kansallinen telelääketiede

5.4.1 Terveysthuoltojärjestelmän telelääketiede

Suomessa yleisen terveydenhuollon telelääketieteen kehittymisen esteet eivät ole niinkään teknologiaan liittyviä vaan enemmänkin asenteellisia. Uusien menetelmien käyttöönottoa on hidastanut mm. lääkärin ja terveydenhuollon ammattilaisten haluttomuus käyttää uusia menetelmiä ja tekniikoita terveydenhoidossa.

Sairaaloissa on siirrytty vähitellen langattomiin järjestelmiin niin puhe- kuin datansiirtoyhteyksien toteuttamisratkaisuissa. Erityisesti langattomia järjestelmiä käytetään sairaaloissa rutiininomaisesti potilastietojen hakemiseen ja kirjaamiseen hoitotyössä. Osastoilla, hoitokäyntien yhteydessä, potilaan aikaisemmat hoitotiedot haetaan kannettavaan tietokoneeseen WLAN-yhteydellä. Tehdyt hoitotoimenpiteet kirjataan kannettavaan tietokoneeseen, josta tiedot vastaavasti päivitetään sairaalan tietojärjestelmään.

Toinen yleinen käytötapa langattomille telelääketieteen järjestelmille sairaaloissa on monitorointitietojen välittäminen. Langatonta järjestelmää käytetään vähentämään mittauksissa tarvittavien johtimien lukumäärää. Lisäksi langattomilla järjestelmillä mahdollistetaan potilaan liikkuminen mittausten aikana.

Ambulansseissa yleisin telelääketieteen käyttösovellus on EKG-käyrän siirto. EKG-tietoja tarvitaan asiantuntijalääkärin päätöksentekoa varten, sillä esimerkiksi liuotushoitoa ei voi aloittaa ilman erikoislääkärin lausuntoa. Ongelmana on kuitenkin käytössä olevien järjestelmien kirjavuus. Ambulanssipalvelut kilpailutetaan vuosittain yksityisellä sektorilla 1-3 vuoden sopimuksilla. Laitevaatimukset ovat vain yksi osa ambulanssivarustusta, ja EKG-siirtoon tarvittavat välineet vain yksi osa laitevaatimuksista, joten pelkästään niiden perusteella ei ambulanssivalintoja tulla tekemään. Valtakunnallisia vaatimuksia ambulanssien varusteisiin on vaikea tehdä, sillä sama ambulanssi voi hoitaa palvelut myös useammalle terveyskeskukselle, joissa voi jo olla erilaiset laitteistot. Näin ollen yhdenmukaisten järjestelmien kehittäminen valtakunnallisella tasolla on vaikeaa. Koska markkinoilla ei kuitenkaan ole kovin montaa laitevalmistajaa, ajaudutaan vähitellen kohti de facto -järjestelmiä.[131]

Kotisairaanhoidossa telelääketiedettä käytetään mm. erilaisten hälytysten ja monitorointitietojen välittämiseen. Esimerkiksi veren hyytymistä estävien lääkkeiden määrä määritetään sen hetkisen verenhyytymistekijöiden perusteella. Näytteet otetaan kotona joko niin, että kotihoitaja käy mittauksen suorittamassa (yleisin tapa), tai harvoin (yksittäistapauksia) potilaan itsensä ottamana. Mittauksen tulos on veren hyytymistä kuvaava niin sanottu INR (International Normalized Ratio) -arvo, joka on numeroluku. Tämän INR-arvon perusteella määritetään tarvittava lääkitys. Joissakin tapauksissa kotihoitaja voi varmistaa paikan päällä lääkityksen, esimerkiksi silloin kun INR-arvo on toivottu eli tavoitearvoissa ja lääkitystä ei tarvitse muuttaa. Lääkityslaskentaa ei voi suoraan delegoida koneelle, koska siihen vaikuttavat myös monet muut tekijät, kuten potilaan yleiskunto, jossa tarvitaan lääketieteellistä asiantuntemusta.[131]

5.4.2 Palo- ja pelastusalan järjestelmiä

Helsingin pelastuslaitoksella on käytössään WM-Datan kehittämä Merlot Medi - ensihoidon johtamis- ja raportointijärjestelmä sekä Merlot Mobile -johtamisjärjestelmä palo- ja pelastusautoissa.

Merlot Medi -järjestelmän ensihoitokertomussovellus antaa ensihoitoyksikölle mahdollisuuden kysyä potilaan aikaisempia hoitotietoja omasta operatiivisesta tietokannasta ja sairaaloiden tietokannoista. Hälytetyn yksikön luoma ensihoitokertomus on muiden hälytettyjen yksiköiden ja valvomon nähtävissä reaaliaikaisesti.

Valvomosta konsultoiva lääkäri voi seurata kaikkien käytettävissä olevien yksiköiden tilatietoja sekä niiden fyysistä sijaintia kartalla. Konsultoiva lääkäri pystyy antamaan kirjallisia ohjeita potilaan hoitamiseksi. Kirjallisilla ohjeilla vähennetään inhimillisiä erehdyksiä potilaan hoidossa. Tämä parantaa sekä konsultoivan lääkärin että yksikön sairaankuljettajien oikeusturvaa.

Ensihoitokertomus laskee hoitotoimenpiteiden perusteella tiettyjä tunnuslukuja, ja opastaa tarvittaessa yksikön sairaankuljettajia ottamaan yhteyttä konsultoivaan lääkäriin. Merlot Medi -järjestelmä opastaa ensihoitoyksikköä myös lääkkeiden annostelemisessa.

Ensihoitokertomukseen siirretään langattomasti potilaasta mitattuja elintoimintojen mittaustuloksia, jotka ovat tarvittaessa välittömästi konsultoivan lääkärin nähtävissä.

Ensihoitokertomuksen tiedot voidaan lähettää sähköisesti valittuun jatkohoitopaikkaan heti, kun hoitopaikka on valittu. Merlot Medi -järjestelmän suuronnettomuussovellus tukee tehokasta potilaanohjausta parhaimpiin käytettävissä oleviin hoitopaikkoihin. Hoitopaikoista voidaan seurata reaaliajassa suuronnettomuustilannetta, josta selviää mm. potilaiden kiireellisyysluokituksen, potilaiden perustietoja, valittu hoitopaikka, kuljettava yksikkö jne.[124]

Merlot Medi -järjestelmää testattiin puolustusvoimien käytössä PYRY-06 harjoituksessa Niinisalossa. Kenttälääkinnän kehittämispäällikkö Pekka Honkavaara on laatinut testistä erillisen muistion.[31] Liitteenä 6 on harjoituksessa käytetty toimintamalli. Verrattaessa sitä EVACSYS-toimintamalliin, voidaan todeta, että toimintamallit ovat hyvin samankaltaisia.

Harjoituskokemukset olivat positiivisia järjestelmän toimivuuden osalta. Johdolle olisi muodostunut hyvä kuva siitä, missä hoitotoimenpiteitä suoritetaan, kuinka paljon ja minkä tyyppisiä potilaita syntyy ja kauanko evakuoinnit kestävät. Näin asian piti ollakin, sillä siirtotienä käytettiin kiinteän viestintäverkon yhteyksiä. Tilanne ei siis poikennut yhteyksien toteuttamisperiaatteelta millään tavoin palo- ja pelastuslaitoksen käytössä olevista menetelmistä. Haasteita aiheuttaa, ainakin vielä, samanlaisen toimintamallin siirtäminen kenttäviestijärjestelmällä toteutettavaksi.

Vuonna 2005 toteutettiin eräässä sotaharjoituksessa pienimuotoinen telelääketieteen kokeilu. Kokeilussa testattiin Nokia 9210 -puhelimien soveltuvuutta lääketieteen tietokantojen hyödyntämiseen kenttäolosuhteissa. Käyttökokemukset olivat varsin positiivisia ja tukivat telelääketieteen hyödyntämistä kenttälääkinnässä.[13]

Telelääketieteen toimintamallien ja sovellusten kehittäminen on tässä vaiheessa erittäin tärkeää. Sekä ALVI-järjestelmää että YVI2-kenttäviestijärjestelmää kehitetään kohti IP-yhteensopivuutta. ALVI-järjestelmään sisältyy myös langattomien tiedonsiirtoverkkojen kehittäminen. Siinä vaiheessa, kun IP-liikenne on mahdollista kenttäviestijärjestelmässä, tulee kenttälääkinnällä olla valmiit toimintamallit ja sovellukset.

6 KENTTÄTELELÄÄKETIETEEN VIESTINTÄARKKITEHTUURI

6.1 Arkkitehtuurin määritelmä

Etenkin tietokonealalla sanaa arkkitehtuuri on alettu käyttämään järjestelmien yleisestä rakenteesta, rakenneperiaatteista. Esimerkiksi "tietokonearkkitehtuuri" tarkoittaa tietokonejärjestelmän teknisten perusratkaisujen kokonaisuutta.[52]

Tietojärjestelmän arkkitehtuuri kuvaa kohdealueensa rakenneosat, niiden ulospäin näkyvät ominaisuudet ja niiden väliset yhteydet ja riippuvuudet. Arkkitehtuuri muodostaa rungon järjestelmän suunnittelulle ja toteutukselle sekä ohjaa järjestelmän rakenteen kehittämistä järjestelmän elinkaaren ajan. Se toimii myös keskusteluvälineenä järjestelmän kehittämisen ja ylläpitämisen sidosryhmien (organisaation johto, käyttäjät, suunnittelijat, toteuttajat) välillä.[37]

Arkkitehtuuroinnissa eli arkkitehtuuria kehittävässä työssä kohdealuetta lähestytään erilaisista näkökulmista kuten esimerkiksi toiminnallisuus, looginen rakenne, informaatio ja tekninen toteutus.[37]

Järjestelmän arkkitehtuuria voidaan tarkastella myös eri abstraktiotasoilta, jolloin voidaan puhua esimerkiksi kokonaisarkkitehtuurista, järjestelmäarkkitehtuurista, sovellusarkkitehtuurista ja teknisestä arkkitehtuurista.[37]

Joissakin tapauksissa arkkitehtuureiksi lasketaan myös erilaiset työohjeet, joita on laadittu hyväksytyn arkkitehtuurin noudattamisen varmistamiseksi tai muuten tietojärjestelmän käytön ja kehittämisen hallitsemiseksi. Tällaisia ovat mm. suunnitteluarkkitehtuuri, hallinta-arkkitehtuuri ja palveluarkkitehtuuri.[37]

6.2 Arkkitehtuurin määrittämistä ohjaavia tekijöitä

Kenttätelelääketieteen operatiivisia suorituskyykyvaatimuksia ei ole puolustusvoimissa määriteltä. Alla on lueteltu tutkijan määrittelemiä suorituskyykyvaatimuksia, joita järjestelmän ainakin tulee täyttää:

- Järjestelmän on mahdollistettava läpi hoitoketjun ulottuva potilastiedon kerääminen digitaaliseen muotoon, tiedon taltiointi sekä tiedon jakaminen tarvitsijoille tietoturvalisesti.

- Henkilökohtainen potilastieto on säilytettävä potilaan mukana. Jokainen hoitotoimenpide on kirjattava sähköiseen muotoon, taltioitava potilaan yhteyteen sekä varmennettava hoitoyksikön toimenpitein.
- Järjestelmän on mahdollistettava tietojen vaihto yleisen terveydenhuollon järjestelmien kanssa toimittaessa kansallisesti tai kansainvälisessä ympäristössä.
- Järjestelmän on kyettävä liittymään ITVJ-järjestelmään, operatiivisten johtoportaiden taktisen tason johtamisjärjestelmiin sekä muiden viranomaisten käytössä oleviin radio- ja datansiirtojärjestelmiin. Järjestelmän on kyettävä toimimaan myös ilman taktisen tason johtamisjärjestelmiä.
- Järjestelmällä on mahdollistettava evakuointiajoneuvojen paikantaminen.
- Datansiirto- ja puheyhteydet on oltava saatavilla kaikkialla ensihoitokeskuksen toiminta-alueella.
- Järjestelmän on oltava siirrettävä ja kahdessa tunnissa perustettava.

Puolustusvoimien viestintäverkon tavoitearkkitehtuuri 2012-asiakirja [93] esittää mm. alla lueteltuja suosituksia, vaatimuksia ja määräyksiä tavoitearkkitehtuurin toteuttamiselle. Niillä on vaikutusta kenttätelelääketieteen arkkitehtuurin määrittämiselle ja arkkitehtuurin toteuttamiseen käytettävän teknologian valinnalle. Vaatimukset asiakirjaan on johdettu mm. Tietohallinnon rationalisointi -raportista sekä Turvallisuus- ja puolustuspoliittisesta selonteosta:

- Kiinnitetään huomioita sotilaallisen kriisinhallinnan ja nopean toiminnan edellyttämien kykyjen kehittämiseen sekä lisääntyvään kansainväliseen yhteistyöhön.
- Kehittää puolustusvoimien valmiuksia tukea muita viranomaisia ja toimia yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa jo rauhan aikana.
- puolustusvoimien viestintäverkon verkkotopologia muuttuu jakautuen runkoverkkoon ja liityntäverkkoon. Käyttäjien tarvitsemat sovellukset ja tiedot sijoitetaan pääosin runkoverkossa olevien palvelinhotellien palvelimien tietokantoihin, joista ne ovat kaikkien tarvitsijoiden nopeasti saatavissa käyttöönsä. Liityntäverkkoon sijoitetaan erilaisilla rajapinnoilla varustettu liityntälaite käyttäjien liittämiseksi joustavasti ja nopeasti viestintäverkkoon.

- Puolustusvoimien viestintäverkon siirtoverkko ja dataverkko muodostavat yhteisen tietoliikennealustan kaikille tietojärjestelmille, joita puolustusvoimissa käytetään. Sitä käyttävät niin hallinnollisen verkon (HALLNET) kuin operatiivisenkin verkon (OPNET-i) tietojärjestelmät. Siitä tullaan tarjoamaan verkon tietoliikennekapasiteettia myös muille turvallisuusviranomaisille. Uudistettava puheenvälitysjärjestelmä tulee perustumaan VoIP tekniikan käyttöönottoon.
- Puolustusvoimien Johtamisjärjestelmäkeskus (PVJJK) liittää kaikki käsketyt joukot ja johtoportaot iTVJ -järjestelmään taisteluosastojen tasolle ja valtakunnallisesti tärkeisiin yksiköihin asti kiinteiden viestiasemien, yleisen viestintäverkon tai VK (T) yksiköiden rakentamista liityntäpisteistä.
- Maa-, meri- ja ilmavoimat, operatiiviset sotilasläänit ja sotilasalueet vastaavat siitä, että alaiset liitetään iTVJ -järjestelmään sekä tarvittavat yhteydet ja iTVJ -palvelut tilataan PVJJK:lta.
- Liikkuvien ja siirtyvien joukkojen liikkumiskyvyn tukemiseksi otetaan käyttöön langattomia tekniikoita, joiden käytettävyys puolustusvoimien toimintaympäristöissä tutkitaan ja testataan erillisissä tutkimusprojekteissa ennen niiden laajempaa käyttöönottoa kriittisillä toiminta-alueilla
- Puolustusvoimien joukkojen liittämisessä viestintäverkkoon pyritään tukemaan yhä enenevässä määrin liikkuvuutta ja myös nopeasti liikkuvia yksiköitä. Tästä syystä joukkoja tullaan liittämään viestintäverkon palveluihin myös langatonta tekniikkaa käyttäen.
- Tulevaisuudessa käytetään yhä enemmän erilaisia langattomia tekniikoita, joilla rakennetaan paikallisverkot käyttäjien tiloihin langattomasti. Näissä tekniikoissa tukiasemassa ja käyttäjäpään laitteessa voidaan käyttää myös suuntaavia tai sektoriantenneja.
- Tulevaisuudessa tavoitteena on nostaa ALVI-kaluston suorituskykyä lisäämällä siihen laajakaistainen langaton tekniikka, jolla tarjotaan tietoliikennepalveluja jopa liikkuvalla käyttäjällä.
- Liityntälaitteen kanssa toimittaessa käyttäjälle voidaan tarjota erilaisia päätelaitteita tarpeen mukaan sovitettuna erilaisiin toimintaympäristöihin. Käyttäjän käyttämä päätelaite voi olla

operatiivisen tai hallinnollisen verkon työasema, kannettava tietokone, PDA-laite, ajoneuvoon sijoitettu työasema tai tulevaisuudessa ns. monitoimipäätelaite. Monitoimipäätelaite sisältää sekä langattoman (WIMAX, WLAN, TETRA, MIMO, GSM jne.) että langallisen verkon liitännät.

- Päätelaitteet voivat olla myös ajoneuvoon asennettavia suurempia tukiasemaominaisuuksilla varustettuja laitteita, joiden yhteyteen käyttäjille annetaan sopivat kannettavat päätelaitteet heidän liikkumisensa mahdollistamiseksi tukiaseman kuuluvuusalueella.
- Taktisten joukkojen liitynnässä käytetään client-laitetta ja "miniliityntälaitetta" liittämään joukko kiinteään viestintäverkkoon langattoman WIMAX-yhteyden kautta.
- Tietoliikennetekniikan keskeisenä kehityssuuntana on tällä hetkellä siirtyminen nykyisistä järjestelmistä kohti pakettivälitykseen sopivia verkkoja sekä yksinkertaisempia viestintäverkkojen arkkitehtuuriratkaisuja.
- Internet-protokollan (IP) merkitys kasvaa entisestään ja sitä tullaan käyttämään kaikenlaisen tiedon siirtoon tulevaisuudessa. Tietoliikennetekniikan kehitys etenee vääjäämättä kohti all-IP-ratkaisuja [99]. IP-protokollan merkitys kasvaa merkittävästi myös sotilaallisiin tarkoituksiin rakennetuissa viestintäverkoissa.

Langattomuus on myös kansainvälinen lääkintäalan suuntaus. TEKES:n FinnWell-ohjelman julkistamasta WIRHE-selvityksestä (Wireless Healthcare Solutions) käy ilmi, että ihmisten mittaaminen langattomilla antureilla, terveydenhuollon toimintaprosessien tehostaminen langattomien järjestelmien avulla sekä potilaiden, henkilökunnan ja välineiden langaton seuranta ovat kansainvälisten asiantuntijoiden mielestä uskottavimpia ja houkuttelevimpia tulevaisuuden langattomien terveydenhuollon palveluiden sovelluksia. Teknologioista kärkisijoille nousevat käyttöliittymä- ja tietoturvateknologiat.[34]

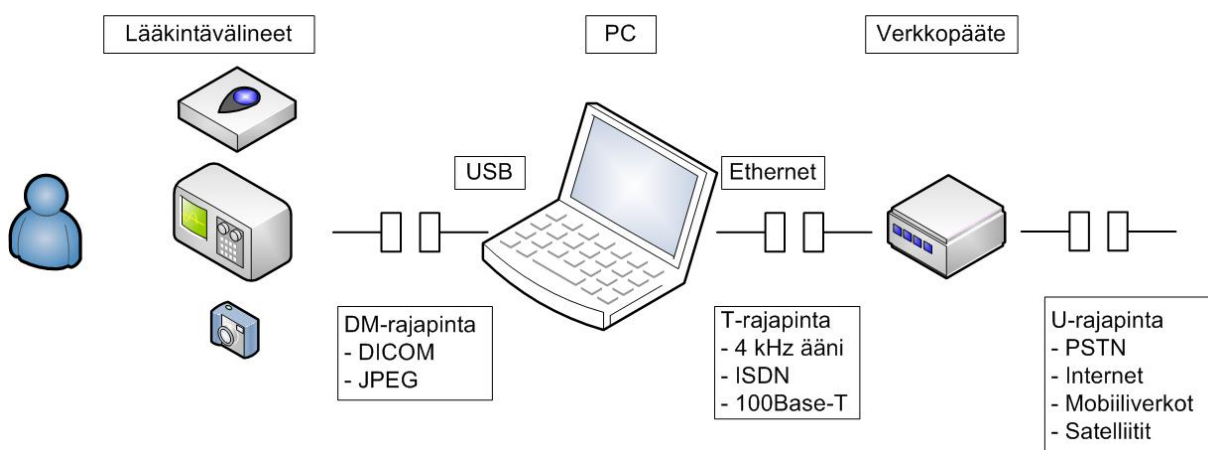
WIRHE-selvityksen teki Oulun yliopisto ja sen rahoitti FinnWell-ohjelma. Selvitykseen haastateltiin 70 asiantuntijaa kuudesta maasta.[34]

6.3 Standardit

Telelääketieteen standardointitarpeet on tunnistettu. Erityisesti Tsunami-tuho 26.12.2004 osoitti, että kansainvälisten pelastusryhmien välineet eivät ole yhteensopivia. On välttämätöntä, että telelääketieteessä käytettyjen laitteiden ja viestivälineiden rajapinnat kyetään standardoimaan.[106] Standardointi ei koske ainoastaan laitteiden välisiä teknisiä rajapintoja, vaan myös hoitotoimenpiteitä koskevat dokumentit tulee standardisoida.

Standardoinnin tärkeimpänä tavoitteena on telelääketieteessä käytettyjen lääkintävälineiden yhteensopivuus eri laitevalmistajien kesken. Välineiden keräämää tietoa on kyettävä siirtämään viestijärjestelmän välityksellä hoitopisteestä toiseen. Siirretty tieto on kyettävä tulkitsemaan uudessa paikassa kaikkien laitevalmistajien vastaavilla laitteilla. Telelääketieteen laitteita käyttävät hyvin erilaiset ihmiset, joten laitteiden pitäisi olla mahdollisimman helppokäyttöisiä ja samoja toimintoja omaavia kaikkien laitevalmistajien kesken.

Lähteessä [106] on käsitelty laitteiden välisiä rajapintoja ja niiden standardisointivaatimuksia. Siinä on myös esitetty ratkaisumalleja ja vaatimuksia eri järjestöille standardien toteuttamiseksi. Kuvassa 19 on esitetty keskeisimmät rajapintasuosituksukset ja esimerkkejä rajapintojen yli siirtyvistä signaaleista.



KUVA 19: Esitys telelääketieteen rajapintojen toteuttamiseksi [106]

Toiminnallisesti rajapinnat voidaan jakaa DM (Digitized Medical information), T (user-network) ja U (subscriber transmission) -rajapintoihin. T- ja U-rajapinnat on jo standardoitu, joten ongelmakohdaksi muodostuu DM-rajapinta lääkintävälineiden

osalta. Kun laitteiden rajapinnat saadaan standardoitua, voidaan eri laitevalmistajien laitteita käyttää ainakin fyysisten rajapintojen osalta missä tahansa.

Tietokoneesta muodostuu keskeinen elementti telelääketieteen hoitoketjussa. Se toimii rajapintasovittimena sekä lääketieteellisten laitteiden että viestijärjestelmän suuntaa. Lisäksi se toimii dokumenttien työstövälineenä ja ainakin väliaikaisesti kerätyn tiedon arkistointivälineenä. Käyttöympäristö ja käyttötilanteet edellyttävät, että tietokone on sään ja kolhujen kestävä, ruggeroitu päätelaite.

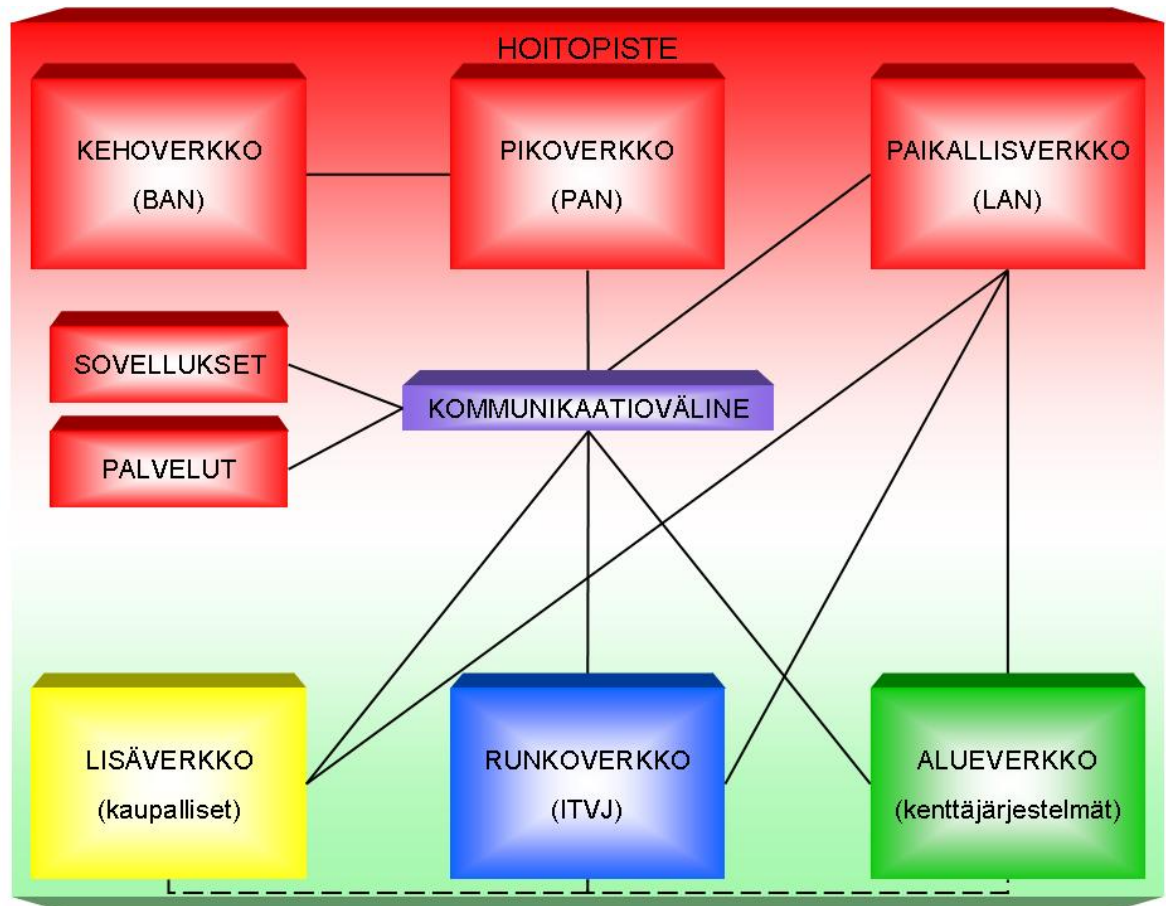
Lähteessä [106] esitetään ajatus telelääketieteen järjestelmäkokonaisuuden standardoimisesta. Se perustuisi profiileihin, jotka on laadittu erilaisten käyttötilanteiden perusteella. Käyttötilanteiden perusteella voitaisiin määrittää telelääketieteen laite- ja yhteysvaatimukset, tarvittavat lääkintävälineet ja lääkkeet.

Järjestelmäkokonaisuuden suunnittelussa olisi huomioitava ainakin järjestelmän kuljetusmahdollisuudet ja siihen liittyen järjestelmän pakkaaminen, telelääketieteen tarvitsemat lääkintävälineet, lääkinnälliset hoitotilarat ja lääkkeet, hoitopisteen sisäisten yhteyksien toteuttamiseen tarvittava viestilaitteisto sekä U-rajapinta - ulkoiset yhteydet.

6.4 Kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuurin muodostaminen

Kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuria käsiteltiin luvussa 3. Arkkitehtuuri muodostuu seuraavista osista: kuljetus ja pakkaus, telelääketieteen välineet, muut lääkintävälineet ja lääkkeet, sisäiset tieto-, johtamis- ja viestijärjestelmät, ulkoiset yhteydet, sovellukset, palvelut ja sähköistys. Sisäisistä ja ulkoisista yhteyksistä muodostetaan kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri, joka muodostaa rungon digitaalisen hoitotietoketjun tiedonsiirtoyhteyksille.

Arkkitehtuurin kuvaamisessa ei käytetä puolustusvoimien virallista arkkitehtuurin kuvausmenetelmää. Arkkitehtuuri määrittelee viestintävaatimukset verkkokokonaisuuksina, mutta ei esitä teknologioita yhteyksien toteuttamiseksi. Arkkitehtuuri on modulaarinen, joka tarjoaa mahdollisuuden osakokonaisuuksien itsenäiseen kehittämiseen. Modulaarisuus tarkoittaa myös sitä, että järjestelmää voidaan käyttää osakokonaisuuksina käyttötilanne huomioiden.



KUVA 20: Kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri

Arkkitehtuuri muodostuu kolmesta osasta, jotka ovat kommunikaatioväline, hoitopiste ja ulkoiset yhteydet (hoitopisteiden väliset yhteydet). Kommunikaatiovälineisiin kuuluvat moniverkkotoimintaan kykenevät päätelaitteet. Päätelaitteet toimivat käyttäjän rajapintana sovelluksiin ja palveluihin.

Kehoverkkoja (Body Area Network BAN) käytetään henkilöön kiinnitettävien sensoreiden väliseen tiedonsiirtoon. Sensoreiden keräämä tieto siirretään keskusyksikölle, josta muodostetaan yhdyskäytävä pikoverkkoihin.

Pikoverkot (Personal Area Network PAN) ovat pienitehoisia, korkeintaan muutamien kymmenien metrin kantaman omaavia radioverkkoja. PAN-verkon laitteita käytetään pääsääntöisesti potilaan fyysisen ja psyykkisen tilan mittaamiseen käytettävien laitteiden monitorointitietojen välittämiseen, PIC:n lukemiseen ja langattomien päätelaitteiden kytkemiseen, kuten erillisen paikannuslaitteen ja karttamateriaalin omaavan esityslaitteen väliseen tiedonsiirtoon.

Kommunikaatiolaite vastaanottaa PAN-verkon lähettämää tietoa, tallentaa tiedon ja tarvittaessa lähettää sen eteenpäin. Laite kykenee toimimaan myös toistimena välittäen liikennettä laitteelta toiselle.

Kommunikaatiolaite voi olla esimerkiksi kannettavaan käyttöön suunniteltu, ajoneuvoon asennettu tai siirrettävissä oleva. Toiminnoiltaan laitteet ovat samanlaisia, mutta ajoneuvoversiossa on suurempi lähetysteho, suurempi näyttö ja näppäimistö sekä parempi antenni. Kommunikaatiolaite muodostuu päätelaitepalveluista sekä moniverkkotoimintaan kykenevästä radio-osasta. Palveluihin sisältyy esimerkiksi sovellukset.

Paikallisverkot (Local Area Network LAN) ovat alueellisesti rajoittuneita. Verkon alueella laitteet kykenevät kommunikoimaan keskenään aluetta palvelevan tukiaseman välityksellä tai suoraan keskenään esimerkiksi Ad-Hoc-periaatteella. Kommunikaatiolaitteiden suora yhteydenmuodostus voisi tulla kyseeseen esimerkiksi tilanteessa, jossa lääkintämies päivittää kannettavan kommunikaatiolaitteensa ajoneuvon vastaavaan laitteeseen tai kun evakuointiajoneuvo saapuu hoitopisteen alueelle.

Paikallisverkkona voidaan pitää hoitopisteen, esimerkiksi ensihoitokeskuksen, sisäisten yhteyksien toteuttamiseen käytettävää verkkoa. Paikallisverkkoa voidaan laajentaa tarpeen mukaan joko lisäämällä tukiasemia tai käyttämällä MESH-verkkorakennetta. MESH-verkossa on runkoverkko, johon Ad-Hoc-verkko muodostaa joidenkin tilaajien liityntäverkon. Hoitopisteen alueella tällainen Ad-Hoc-verkko olisi varsin matala, eli verkon laidalta toiselle voidaan liikennöidä vain muutaman hypyn kautta [109].

Alueverkkojen peittoalue on huomattavasti suurempi kuin paikallisverkoilla. Tässä tapauksessa alueverkoilla tarkoitetaan kenttäviestiverkkoja. Kenttäviestiverkot ovat sotilaskäyttöön suunniteltuja, kenttäviestijärjestelmin toteutettuja verkkoja. Suomessa tällaisia järjestelmiä ovat YVI2 ja YVI1M. Niiden peittoalue on satoja neliökilometrejä, mutta tiedonsiirtokapasiteetti varsin rajoittunut. Kenttäviestiverkoista on huomioitava, että niiden käyttö ajoittuu pääsääntöisesti sotatilanteisiin, ja erityisesti siihen vaiheeseen, kun muita yhteysmuotoja ei ole käytettävissä.

Runkoverkko on maanlaajuinen verkosto, jonka tarkoituksena on yhdistää paikallisia alueverkkoja toisiinsa sekä mahdollistaa runkoverkossa olevat palvelut käyttäjille. Se muodostaa tiedonsiirtojärjestelmän rungon, jota voidaan tarvittaessa laajentaa liikkuvilla osilla. Suomessa runkoverkkoa edustaa ITVJ-verkko, jota voidaan laajentaa ALVI-järjestelmällä.

Lisäverkot ovat kaupallisia verkkoja, joita on mahdollista käyttää kenttälääkinnän toiminta-alueella. Tällaisia verkkoja ovat matkapuhelinverkot ja langattomat datansiirtoverkot.

Viestintäverkkojen päälle rakennetaan kenttätelelääketieteen tarvitsemat palvelut, palveluarkkitehtuuri. Tällaisia palveluita ovat ainakin puhe- ja datansiirtopalvelut hoitopisteen alueella ja hoitopisteiden välillä, sähköiset potilastietojärjestelmät sekä paikannuspalvelut (digitaalinen hoitotietoketju). Näiden palveluiden toteuttamiseksi tarvitaan sekä laitetasan järjestelmäratkaisuja että viestiyhteyksiä. Luvuissa 7 ja 8 on käsitelty näitä tekniikoita sekä välineitä yhteyksien toteuttamiseksi. Luvussa 9 tarkastellaan yhteyksien ja välineiden mahdollistamia palveluita, mutta varsinaista palveluarkkitehtuuria ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

7 TELELÄÄKETIETEEN HYÖDYNTÄMIÄ TEKNIKOITA JA VÄLINEITÄ

7.1 YVI2-kenttäviestijärjestelmä

7.1.1 Yleiset ominaisuudet

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 on kenttäviestijärjestelmä, jolla luodaan armeijakunnan tai prikaatin sotatoimessa tarvittavat kenttäviestiyhteydet. Järjestelmällä luodaan viestipalvelut koko yhtymän tulenkäytön, tiedustelun ja johtamisen viestiyhteystarpeisiin.

YVI2 on viestiasema-ajoneuvoihin tai -kontteihin kiinteästi asennettu järjestelmä. Se koostuu kenttäteleverkosta (linkki- ja valokaapeliyhteydet), sanomalaiteverkosta, liikkuvia tilaajia palvelevista radioliitynnöistä sekä suunnittelu- ja valvontaosista.

Yhtymän viestijärjestelmä YVI2 tarjoaa liikkuvalla tilaajalle kolme erityyppistä VHF-kenttäradiolla toteutettua radioliityntää: sanomalaiteverkon tukiasemat, analogisen kenttäradion puheradiotukiasemat sekä digitaalisen kenttäradion liikkuvan tilaajan

järjestelmän tukiasemat. Liikkuvia tilaajia palvelevissa radiojärjestelmissä käytetään siirtotienä kenttäteleverkon yhteyksiä.[104]

Valmiusprikaatin järjestelmään kuuluu 24 YVI2-asemaa. Peruskalustollaan asemat palvelevat puhelin- ja datatilaajia samalla tavalla. Perustehtävän lisäksi eri asematyypeillä on erikoistehtäviä. Jokainen asematyyppi on kalustettu erikoistehtävänsä mukaisesti. Asematyyppien erikoiskalustot ovat:

- 6 * V1: Keskussanomalaite (KSL) oheislaitteineen
- 6 * V2: Analogisen radioliittynnän kalusto
- 6 * V3: Digitaalisen radioliittynnän kalusto
- 2 * V4: Ilmatorjunnan erikoiskalusto
- 4 * HQ: Telesuunnittelu- tai valvonta tietokone

YVI2-viestiasemien lisäksi tilaajakeskuksia on asennettu johtamispaikkojen ajoneuvoihin. Keskuksia käytetään johtamispaikkojen sisäisten viestiyhteyksien rakentamiseen sekä niiden liittämiseen muuhun televerkkoon.

7.1.2 V1-toiminne

V1-asemilla muodostetaan kenttäteleverkon yhteyksien lisäksi sanomalaiteverkon runko. Keskussanomalaitteiden muodostamaan renkaaseen liitetään yhtymän alajohtoportaiden keskussanomalaitteet sekä tukiasemat, joiden kautta sanomalaiteella varustettu liikkuva tilaaja saa käyttöönsä sanomalaitejärjestelmän palvelut.

Sanomalaitejärjestelmä on kokonaisuus, joka muodostuu sanomalaiteverkosta, sitä käyttävästä ja ylläpitävästä henkilöstöstä sekä sen käytön ja ylläpidon määrittävästä ohjeistuksesta.

Sanomalaiteverkko on kenttäviestiverkon osa, joka muodostuu keskussanomalaitteista, päätelaitteista ja niiden välisistä siirtoteistä.

Keskussanomalaite on automaattinen datavälitin, joka mahdollistaa samanaikaisen liikenteen usean eri keskussanomalaitteen, sanomalaitteen, partiosanomalaitteen ja tuliasemapäätteen kanssa. Sanomalaiteverkossa sanoma siirtyy lähettäjältä

sanomalaitetunnuksen osoittamalle vastaanottajalle. Sanomanvälitys tapahtuu automaattisena, pakettikytkentäisenä ja ohjatulla tulvahaku-periaatteella.

Sanomalaiteverkossa paketin koko on yksi sanoma. Tulvahaussa sanoma levittäytyy kaikille niille siirtoteille, joilta löytyy vastaanottajan sanomalaitetunnus. Näin keskussanomalaite voi siirtää viestin tarpeen mukaan eri yhteysmuodolta toiselle. Sanoma voi siirtyä esimerkiksi televerkon kautta toteutetulta runkoyhteydeltä tukiasemaradioryhteydelle. Tukiasemaradiona voi toimia analoginen tai digitaalinen VHF/HF-radio. Tukiaseman datansiirtonopeus on analogisella radiolla 600 bit/s. Digitaalisella kenttäradiolla (LV 241) toimittaessa siirtonopeus voi olla asynkronisena 50–19200 bit/s. Olosuhteet huomioiden käytännön siirtonopeutena voidaan pitää 2400 bit/s.[142]

Tilaaajat liittyvät sanomalaitejärjestelmään joko suoraan kaapelilla, radiolla tukiaseman kautta tai puhelinyhteydellä sanomalaiteliitynnän kautta.

Liikkuvia tilaajia varten luodaan sanomalaiteliityntä, johon tilaaja voi liittyä puhelinyhteydellä. Tällöin yhden tai useamman keskussanomalaitteen sanomalaitekanavalle luodaan sarjanumero. Tilaaajat liittyvät palveluun valitsemalla sanomalaiteliitynnän numeron ja lähettämällä ilmoittautumissanoman.[104]

YVI2-verkon ulkopuolinen tilaaja voi liittyä sanomalaiteverkkoon sanomaliityntäpisteen kautta soittamalla YVI2-järjestelmään järjestelmäsovittimen kautta. Järjestelmäsovitinta on käsitelty luvussa 7.1.5.

7.1.2.1 Sanomaliikenne-ohjelma

Sanomaliikenne-ohjelmalla (SANLI) varustettua tietokonetta voidaan käyttää sanomalaitteen tapaan sanomien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Tietokone liitetään analogiseen radioon sanomalaitteen laskinportin (RS-422) kautta, jolloin sanomalaite toimii salaavana modeemina. Digitaaliseen kenttäradioon SANLI-tietokone voidaan liittää suoraan kenttäradion sarjaportin kautta.

SANLI-ohjelma on mahdollista asentaa mihin tahansa tietokoneeseen. Sanomalaiteeseen verrattuna SANLI mahdollistaa lähetettyjen ja vastaanotettujen sanomien helpomman arkistoinnin ja käsittelyn sekä liitetiedostojen liittämisen lähetettäviin sanomiin. Sanoman laatimisessa on huomioitava

sanomalaitejärjestelmän hidas siirtonopeus, joka on toistaiseksi 600 bittiä sekunnissa.

7.1.3 V2-toiminne

V2-asemat tarjoavat salaamattoman radioliitynnän CNRI (Combat Net Radio Interface) kenttäradiotilaajien käyttöön. Radioliityntä mahdollistaa radiopuhelut yhtymän viestijärjestelmän televerkon tilaajanumeroihin vanhemmista kenttäradioista, kuten LV 217M, tai digitaalisesta kenttäradiosta sen ollessa salaamattomassa (CLR) toimintatilassa.

Soitettaessa radioverkosta televerkkoon on puhelu välitettävä halutulle tilaajalle välittäjän toimesta. Puheluissa käytetään puheradioliikennettä ja kutsujärjestelmää.

7.1.4 V3-toiminne

V3-asemilla muodostetaan liikkuvalla digitaalisen kenttäradion käyttäjälle televerkon langaton liityntä CNRA (Combat Net Radio Access). V3-asemat tarjoavat liikkuvan tilaajan järjestelmän MSS (Mobile Subscriber System) avulla puhelumahdollisuudet niille digitaalisten kenttäradioiden käyttäjille, joilla on radion lisäksi käytössä päätelaite (PC) varustettuna liikkuvan tilaajan ohjelmistolla. V3-toiminto on automaattinen eikä edellytä puhelun välittämistä kuten analogisessa liitynnässä. V3-aseman tukiasemaohjain BSC (Base Station Controller) mahdollistaa 30 radiotilaajan liittymisen ja kolme yhdenaikaista puhelua yhdessä tukiasemassa. Lisäksi verkossa voidaan välittää puheluiden ohella dataviestejä.[142]

Liikkuva tilaaja ilmoittautuu valitsemaansa tukiasemaan yhteysohjelmiston rekisteröintitoiminnolla. Rekisteröinti päivittää tilaajan puhelinnumeron V3-aseman keskukseseen. Tukiasemaa vaihtaessaan tilaaja lähettää rekisteröintipyynnön uudelle tukiasemalle. Tukiasemaan ilmoittautumisen jälkeen on mahdollista tilata radiopuheluita päätelaitteelta muille YVI-verkon tilaajille tai liikkuville tilaajille. Yhteys YVI-verkkoon liitetystä puhelimesta avataan valitsemalla liikkuvan tilaajan puhelinnumero. Liikkuvan tilaajan yhteysohjelmisto ilmoittaa saapuvasta puhelusta, joka hyväksytään vastaanotettavaksi ohjelmistosta.

7.1.5 Rajapinta yleiseen ja puolustusvoimien viestintäverkkoon

YVI2-verkko liitetään puolustusvoimien viestintäverkkoon ensisijaisesti järjestelmäsovittimen, DM/PCM-muuntimen (Deltamodulation/Pulse Code Modulation) kautta. Sovitin toimii rajapintana PCM-/ISDN-verkon (Integrated Services Digital Network) ja deltamoduloidun Eurocom D/1 -tietoliikennestandardin mukaisen kenttäteleverkon (YVI1, YVI1M ja YVI2) välillä. Järjestelmäsovittimen kautta voidaan siirtää 30 kanavaa ääni- ja dataliikennettä varten näiden kahden erilaisen televerkon välillä.[152] Rajapinnan kautta kiinteän televerkon palvelut ovat käytössä kenttäviestijärjestelmässä. Järjestelmäsovittimen kautta puhe- ja sanomalaiteyhteys voidaan muodostaa kenttäviestijärjestelmästä yleiseen viestintäverkkoon.

Liittämiseen käytetään kahta valokaapelipäätettä, joiden väliin rakennetaan kenttävalokaapeliyhteys. Toinen valokaapelipääte on YVI2-asemalla ja toinen kiinteän verkon liityntäpisteellä. Liityntäpisteen valokaapelipääte kytketään muuntimeen, joka on kytketty 2 Mbit/s PCM-liittymään. Liityntäpiste voi olla kiinteän viestintäverkon asemalla tai se voidaan siirtää alueellisen viestijoukon kalustolla erikseen määritettyyn paikkaan. Kiinteästä viestintäverkosta tuleva puhelu ohjautuu suoraan YVI2-verkon alanumeroon ilman välittäjää.

7.1.6 Tilaajien liittäminen

Tilaajat liitetään YVI2-järjestelmässä suoraan keskuksiin. Yhteen keskukseseen voidaan liittää 15 analogista ja 12 digitaalista tilaajaa. YVI2-keskukseseen liitettävän linjan enimmäispituuteen vaikuttavat kaapelin laadun lisäksi liitosten määrä ja kunto. Kenttäparikaapelilla analogisen yhteyden laskennallinen enimmäispituus on 7 km ja digitaalisen yhteyden 3 km keskuksen tilaajaliitynnästä.[104]

7.2 Kenttälääkinnän johtamisvälineet prikaati 2005:ssä

7.2.1 Lääkintähuollon viestikalusto ja viestivoima

Yhtymän viestiverkon painopiste on taistelevien joukkojen yhteyksien muodostamisessa. Huoltokeskus liitetään kaapelilla lähimpään viestiasemaan tai huoltokeskus liitetään yhtymän verkkoon yleisen viestintäverkon kautta. Huoltokeskuksen viestiryhmä vastaa kaapeliyhteyksien rakentamisesta viestiasemalta, tai muulta liittymäpisteeltä huollon toimipaikoille, huoltokeskuksen päällikön käskemien perusteiden mukaisesti.

Huoltopataljoonan esikunnassa on viestiupseeri sekä johtamisjärjestelmätukiryhmä (2 au + 2 vm). Huoltopataljoonan jokaisessa komppaniassa on oma teleryhmä (1 au + 5 vm). Teleryhmien tehtävänä on rakentaa komppanian sisäiset yhteydet.

Lähteen [135] mukaan Porin Jääkäriprikaatin huoltopataljoonan lääkintäkomppanialla on yhteensä 5 kpl LV 241 ja 18 kpl LV 341-radioita. LV 341-radiot on asennettu evakuointiajoneuvoihin. Sanomalaitteita lääkintäkomppanialle on varattu 23 kpl. Sanomalaitteet on suunniteltu käytettäväksi radioiden kanssa.[135]

	LV 241	LV 341
Lääkintäkomppanian päällikkö	1	
Huoltopalvelujoukkueen johtaja	1	
Huoltopalveluryhmän johtaja	1	
Ensihoitajajoukkueen johtaja	1	
Leikkausjoukkueen johtaja	1	
Evakuointijoukkue		18

TAULUKKO 4: Lääkintäkomppanian radiot

7.2.2 Kenttäradiojärjestelmän radiokalusto

Lähteen [142] mukaan Prikaati 2005:n kenttäradiojärjestelmä koostuu VHF- ja HF-taajuusalueen kenttäradioista, niihin kytkettyistä muista laitteista sekä radioiden yhteistoiminnan kannalta tarpeellisista viestiperusteista.

Järjestelmään kuuluvat VHF-kenttäradiot:

- kannettava radio LV 241 (Tadiran PRC-930)
- lyhyen kantaman lähiradio LV 141 (Tadiran PRC-710)
- vahvistimella varustettu ajoneuvoradio LV 341 (Tadiran VRC-950)
- kahdella radiolaitteella ja vahvistimella varustettu ajoneuvoradio LV 342 (Tadiran VRC-990)

Järjestelmään kuuluvat HF -kenttäradiot:

- kannettava radio LV 641 (Tadiran PRC-6020)
- ajoneuvoradio LV 441 (Tadiran VRC-6100)



KUVA 21: Kannettava radio LV 241

Ajoneuvoradio LV 341 muodostuu lisävahvistimesta, radiolaitteesta LV 241 sekä Ethernet-lähiverkkoliitännällä varustetusta radioreitittimestä.



KUVA 22: Ajoneuvoradio LV 341

LV 241 lähetystehoksi voidaan valita joko 0,25 W (LO) tai 5 W (MED/HI). Lisävahvistimella varustetun ajoneuvoradion lähetystehoksi voidaan lisäksi valita 50 W (HI). Ajoneuvoradioiden LV 341 teholähteenä on 24 voltin tasajännitesyöttö.

VHF-radioiden LV 241 ja LV 341 taajuusalue on 30–108 MHz. Käytettävä taajuus voidaan valita 25 kHz:n välein. Tämä mahdollistaa 3120 kanavan käytön.

Yhtymän radioverkkoihin liittyvät asiakirjat teknisine perusteineen luodaan tietokoneella käyttäen viestiperusteiden laadintasovellusta. Ohjelmalla luodaan myös yhtymän kenttäradioiden lataustiedostot. Valmis VHF- tai HF-lataustiedosto voidaan syöttää tietokoneelta ohjelmointilaitteeseen (G-10N) tai kenttäradioon käyttäen radioiden viestiperusteiden latausohjelmaa. Radiolta toiselle viestiperusteet voidaan kopioida kopiointikaapelilla.

Radioissa on 100 muistipaikkaa, joihin voidaan tallentaa radioverkkojen toimintaparametrit kuten toimintapa, taajuustiedot ja salaussavaimet. Muistipaikkojen sisältöä voi muokata radion näppäinkäyttöliittymän kautta, mutta osa radion asetuksista voidaan syöttää radioon vain ohjelmoitaessa radion viestiperusteet tietokoneella, ohjelmointilaitteella tai toisesta radiosta kopiointikaapelilla. Radioista voidaan tarvittaessa poistaa siihen ohjelmoidut tiedot pikavalinnoilla.

Radioita voidaan käyttää kolmella eri toimintatavalla:

- salaamaton kiinteätaajuinen toiminta (CLR, Clear)
- salattu kiinteätaajuinen toiminta (SEC, Secure)
- salattu hyppivätaajuinen toiminta (AJ, Anti-Jamming)

Radion sarjaliitäntä RS232 mahdollistaa synkronisen datansiirron nopeuksilla 50–32000 bit/s ja asynkronisen datansiirron 50–19200 bit/s ilman ulkoisia modeemeja. Tiedonsiirtonopeuden kasvattaminen lisää siirrettävän datan bittivirhesuhdetta. Käytännössä riittävällä virheenkorojauksella suurin toimiva nopeus kenttäoloissa on 2400 bit/s, jolloin radion yhteysetäisyydet ovat vastaavat vanhojen radioiden ja sanomalaitteen kanssa. Sarjaliitäntää voidaan käyttää myös radion etäohjaamiseen kauko-ohjausohjelmiston avulla sekä liikkuvan tilaajan päätelaitteen kytkemiseen radioon.[142]

Liikkuvan tilaajan päätelaite voi olla esimerkiksi PC-tietokone. Windows-ohjelmat eivät kuitenkaan osaa ohjata radion lähetintä, vaan tätä varten pitää asentaa Windowsiin radiota varten tehty laiteohjain. Laiteohjaimen avulla radio näkyy kaikille ohjelmille aivan kuten normaali sarjaportti. Kaikki sarjaporttia käyttävät ohjelmat voivat käyttää radiota esimerkiksi tiedostojen siirtoon, sillä Windows-ohjelmien kannalta radio on kuten nollamodeemikaapeli kahden PC:n välillä. Tiedostoja voidaan siirtää millä tahansa pääteohjelmalla käyttäen esimerkiksi x-, y- tai zmodem-protokollaa. Laiteohjain on saatavilla kaikkiin Windows-versioihin.[27]

7.2.3 Huoltopataljoonan radioverkot

Valmiusprikaatissa on sekä johtosuhteiden mukaisia että alueellisia radioverkkoja. Johtosuhteiden mukaisia radioverkkoja ovat esimerkiksi jääkäripataljoonien ja

jääkärikomppanioiden komentoverkot. Alueellisia verkkoja ovat esimerkiksi liikkuvan tilaajan järjestelmä ja sanomalaitejärjestelmä.

Digitaalisissa kenttäradioissa radioverkot on tallennettu muistipaikoille tai vaihtoehtoisesti radioverkoista ilmoitetaan erikseen taajuus- ja toimintatapatiedot viestiasiakirjoissa.

Huoltopataljoonaan muodostetaan pataljoonan komentoverkko, joka toimii tarvittaessa materiaaliverkkona. Materiaaliverkon kautta välitetään ensisijaisesti täydennystoiminnan vaatimia tilauksia, määräyksiä ja ilmoituksia. Verkossa käytetään toimintatilana taajuushypintää. Lisäksi johtamisessa käytetään prikaatin alueellisia radioverkkoja.

Huoltopataljoonan komentoverkossa toimivat:

- pataljoonan komentaja ja pataljoonaupseeri
- täydennys- ja kuljetuskomppanian päällikkö
- kunnossapitokomppanian päällikkö
- lääkintäkomppanian päällikkö

Lisäksi materiaaliverkossa toimivat tarvittavat huoltokeskukset ja ylemmän johtoportaan huoltolaitokset mahdollisuuksien mukaan. Sanomalaiteliikenteessä tukeudutaan prikaatin sanomalaiteverkkoon. Sanomalaiteverkossa liikennöiviä huoltopataljoonan tilaajia ovat esimerkiksi korjauspartiot, hinausautot ja sairasajoneuvot.

Huoltopataljoonan kaikilla komppanioilla on oma komentoverkko, jossa käytetään toimintatilana taajuushypintää.

Täydennys- ja kuljetuskomppanian komentoverkkoa käytetään tilanteen mukaiseen johtamiseen tilauksiin, varastointiin, täydennyksiin ja kuljetuksiin liittyen.

Kunnossapitokomppanian komentoverkkoa käytetään tilanteenmukaiseen johtamiseen, korjaukseen, huoltoon sekä varaosa- ja huoltotarviketäydennyksiin liittyen.

Lääkintäkomppanian komentoverkkoa käytetään tarvittaessa tilanteenmukaiseen sairasajoneuvojen johtamiseen. Komentoverkossa toimivat muun muassa komppanian päällikkö, joukkueiden johtajat ja sairasajoneuvot.

7.3 Kiinteä viestintäverkko

7.3.1 Puolustusvoimien viestintäverkko

7.3.1.1 Integroitu tiedustelu, valvonta ja johtamisjärjestelmä (ITVJ)

Lähteen [136] mukaan ITVJ-järjestelmä on integroitu operatiivinen tiedonsiirto-, käsittely- ja hallintaympäristö, joka mahdollistaa sensorien, asejärjestelmien sekä päätöksenteon yhteen sovitettun toiminnan kaikilla tasoilla.

ITVJ-verkko on ITVJ-järjestelmän tietotekninen alusta, tietoverkko tai tietoliikenneverkko. ITVJ-verkko jakaantuu runkoverkkoon ja liityntäverkkoon. Liityntäverkosta on yhteys yleiseen viestintäverkkoon ja erillisiin viranomaisverkkoihin. Verkkoon liitytään liityntäpisteen kautta.

Johtamisjärjestelmäalan infrastruktuuri mahdollistaa ITVJ-verkolla muodostettujen runko- ja liityntäverkkojen sekä runkoverkon piirissä olevien hajautettujen palvelinhotellien tuottamien viestintä- ja tietojärjestelmäpalveluiden tuottamisen liityntäverkossa oleviin liityntäpisteisiin. Liityntäpisteet palvelevat käyttäjiä ja joukkoja kahdella tavalla:

- Käyttäjät, joilla ei ole omaa johtamisjärjestelmäorganisaatioita tai johtamisjärjestelmiä, liitetään palveluliittymien avulla valtakunnallisiin palveluihin, joissa on saatavissa yhteisoperaatioiden palveluiden lisäksi myös puolustushaarojen erityisjärjestelmien palvelut.
- Operatiiviset yhtymät tai niiden osat liittyvät tai liitetään verkkoliityntäpisteisiin, joiden kautta niiden omat johtamisjärjestelmät päivittävät tietonsa valtakunnallisista järjestelmistä. Samalla nämä joukot saavat käyttöönsä yhteisoperaatioiden ja muiden puolustushaarojen johtamisjärjestelmäpalvelut.

Johtamisjärjestelmäalan infrastruktuuri tarjoaa samanaikaisesti kaikki tietojenkäsittelypalvelut käyttäjien päätelaitteisiin ja liitynnät valtakunnallisiin tietojärjestelmäpalveluihin joukoille, joilla on omia tietoteknisiä järjestelmiä.

7.3.1.2 Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus

Puolustusvoimien Johtamisjärjestelmäkeskus (PVJJK) vastaa ITVJ-verkon ylläpidosta, käskettyjen johtoportaiden ja joukkojen tilanteenmukaisesta liittämisestä verkkoon sekä yhteiskäyttöisten operatiivisten ja kaikkien hallinnollisten tietojärjestelmien toiminnasta.

PVJJK:n kuuluu kehitysosasto, hallinto-osasto ja tuotanto-osasto. Yhteiskäyttöisten johtamisjärjestelmäalan palveluiden tuotanto on keskitetty tuotanto-osastolle. Neljä alueellista johtamisjärjestelmäkeskusta vastaa ITVJ-palveluiden tuottamisesta, ja ne osallistuvat myös hallinnollisten palveluiden tuottamiseen.

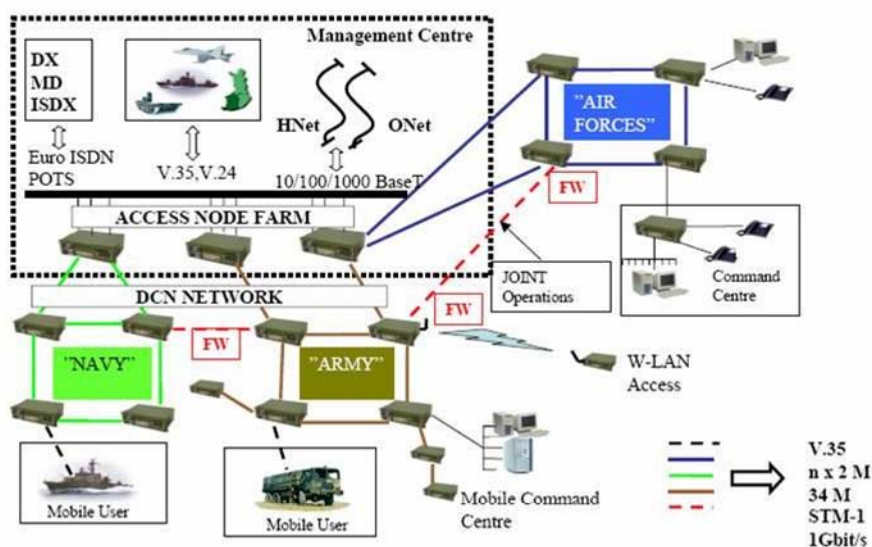
Alueelliseen JJK:n kuuluva verkko-operaatiokeskus (VOK) johtaa alueellaan tuotantoa ja verkko-operaatioita. Se vastaa myös alueensa liityntäpisteiden järjestelmä- ja palvelurajapinnoista. VOK:n ohjauksessa atk- ja teleryhmät toteuttavat tarvittavat tietoliikenne-, tietojärjestelmä- ja tietopalvelut.

PVJJK ylläpitää järjestelmät, jotka mahdollistavat pääesikunnan, puolustushaaraesikuntien sekä valmiusyhtymien ja alueellisten johtoportaiden yhteisen tilannekuvan, rinnakkaisen operatiivisen suunnittelun sekä nopean operatiivisen päätöksenteon. Lisäksi PVJJK ylläpitää viranomaisyhdysväylät ja erikseen määritellyt johtamisjärjestelmäalan palvelut.[136]

7.3.1.3 Liityntälaiteverkko

Liityntälaitteella toteutetaan kiinteiden- ja siirtyvien johtamispaikkojen-, tukeutumisalueiden-, erillisten televerkon päätelaitteiden- sekä sulautettujen tietoteknisten järjestelmien liittäminen standardoiduilla rajapinnoilla puolustusvoimien johtamisjärjestelmän tiedonsiirto- ja tietojärjestelmäpalveluihin. Laite tarjoaa käyttäjille ITVJ-verkon sekä yleisen televerkon käyttöä tukevat nykyaikaiset liityntä- ja reititysominaisuudet sekä vaihdepalvelut. Laite liitetään ITVJ-verkon valvonta- ja hallintatekniikkaan.[110]

Kuvassa 23 on esitetty lähteen [92] mukainen liityntälaittejärjestelmä.



KUVA 23: Liityntälaitejärjestelmä

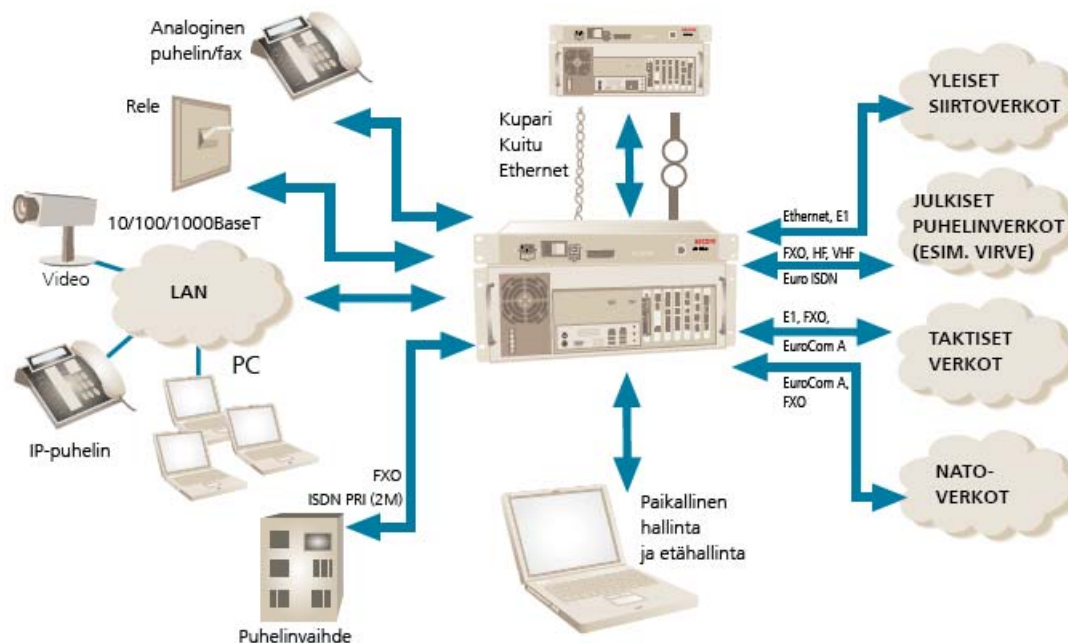
Taktinen joukko liitetään esikuntansa tasalta ITVJ-runkoverkkoon verkko-operaatiokeskusten yhteyteen perustettavien liityntälaitefarmien kautta. Farmi koostuu liityntälaitteista, joiden kautta muodostetaan liityntärajapinta palveluiden, ja liitettävän joukon välille. PVJJK:n johdossa olevat viestikomppaniat (VK-T) rakentavat ja ylläpitävät liityntäverkon puolustusvoimien kiinteän viestintäverkon viestiasemalta mahdollisimman lähelle liitettävää joukkoa tai johtoporrasta. Liittyvällä joukolla tai johtoportaalilla tulee olla liittymiseen tarvittava liityntälaiteperheen laite.[116]

Liityntälaitefarmin määrittelyluonnoksessa kerrotaan, että liityntälaitefarmin tulee tarjota riittävä siirtokapasiteetti ja gatewayt käyttäjän eri palveluihin, jotka sijaitsevat ydinverkossa tai edelleen ydinverkon kautta muissa verkoissa. Tällaisia palveluita ovat:

- operatiivisen tietojenkäsittely-ympäristön palvelut
- hallinnollisen tietojenkäsittely-ympäristön palvelut
- viranomaisyhteistyön tietojenkäsittely-ympäristön palvelut (SecNet)
- ase- ja sensoriverkkojen palvelut

Puolustusvoimien viestintäverkon palveluita, jotka ovat eriteltyinä yläpuolella, ulotetaan loppukäyttäjän liityntälaitteen tasalle.

Liityntälaitteperhettä käytetään sekä kiinteässä viestintäverkossa että liikkuvien tilaajien käytössä. Liikkuvien tilaajien liityntälaitteita käsitellään luvussa 7.3.2.2.



KUVA 24: Liityntälaitteen rajapinnat [7]

Liityntälaitte ei ainoastaan siirrä vaan pystyy myös kytkemään erilaisia tiedonsiirtotekniikoita toisiinsa. Laitte on joko suoraan tai erilaisten rajapintojen kautta liitettävissä tavalliseen piirikytkentäiseen puhelinverkkoon, IP-verkkoon, TETRA (TERrestrial TRunked RAdio) -verkkoon sekä kenttäviestiverkkoihin. Laitteen korttirakenteeseen perustuva toimintaperiaate mahdollistaa nopean laajennettavuuden ja helpot päivitysmahdollisuudet.

Liityntälaitteperheestä on sotavarustehyväksytty kuusi erilaista laitetta. Sotavarusteeksi hyväksytyt liityntälaitteet, ja niiden korttikokoonpanot on lueteltu liitteessä 7.

Liityntälaitteiden kehitystyö jatkuu. Liityntälaitteista pyritään tekemään yhä kenttäkelpoisempia ja helpompia käyttää. Kenttäkelpoisesta liityntälaitteesta on tehty tarjouspyyntö alla luetelluilla vaatimuksilla:

- IP55-7, -40...+40
- Military-liittimet, Probeam
- Sähkönsyöttö: 48V/24V DC, 230V AC ulkoisella adapterilla.

- 1 x EuroCom
- PBX -toiminnallisuus
- AT-liitännät: 1 x FXO, 3 x FXS
- 1 x 10/100M Ethernet huoltoportti, PoE sisään
- 2 x 10/100/1000M Ethernet, PoE ulos
- 2 x GE joko yksi- tai monimuotokuitu. Ketjutettavissa.
- 4 x E1: G.703/704, EuroISDN
- 4 x G.SHDSL, 1-parinen, 64k-4,6M, 10km. Ketjutettavissa.
- 1 x RS232, asynkroninen. Laitteessa ei radionohjausta

Eurocom-väylä mahdollistaa laitteen liittämisen esimerkiksi kenttäviestijärjestelmään.

Liityntälaitteessa on erillinen puhelinliityntäyksikkö, joka mahdollistaa vaihteominaisuuden. Siihen voidaan liittää 24 analogista puhelinta ja 4 keskusjohtoa. Puhelimet liitetään parikaapelilla liitäntäyksikön sisällä oleviin kytkentärimoihin. Siirtoetäisyys parikaapelilla on noin kilometri. Puhelinkalustona voidaan käyttää joko kenttäpuhelimia tai tavallisia puhelinverkon puhelimia. Puhe siirretään VoIP (Voice over Internet Protocol) -tekniikalla muun IP-liikenteen mukana. AT-liitynnät mahdollistavat puhelinten liittämisen laitteeseen ilman puhelinliitäntäyksikköä.

G.703/704 liityntä mahdollistaa esimerkiksi kahden liityntälaitteen kytkemisen toisiinsa ALVI-linkin, FlexiHopper-linkin tai jonkin muun G.703-tiedonsiirtoprotokollalla toimivan järjestelmän välityksellä.

G.SHDSL mahdollistaa datansiirron kaapelia pitkin. Siirtonopeus vaihtelee käytettävän kaapelin ja etäisyyden mukaan. Lähteen [8] mukaan G.SHDSL siirtonopeus 0,5 mm kuparikaapelilla on noin 4 Mbit/s 3000 metriin, 2 Mbit/s 6500 metriin ja 256 kbit/s 10500 metriin saakka.

Puhe- ja datan siirto-ominaisuuksien lisäksi liityntälaitteen alustalle voidaan integroida monia lähiverkossa tarvittavien komponenttien ominaisuuksia. Laite voi toimia verkkopalvelimena, verkonvalvontapalvelimena tai palomuurina. Verkkopalvelimena toimiessaan liityntälaite tarjoaa käyttäjilleen mm. sähköpostipalvelun, DNS (Domain Name Server) -nimipalvelun ja IP-osoitteita jakavan DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) -palvelun.

Verkonvalvontapalvelimena toimiessaan laite valvoo verkon yhteyksiä ja palveluja sekä tarvittaessa hälyttää ylläpitohenkilökunnan. Laitteen palomuuritoiminnot mahdollistavat VPN (Virtual Private Network) -palveluiden toteuttamisen tunnelemalla salattuja yhteyksiä verkon läpi.

7.3.1.4 Liityntälaitteen puheensiirto-ominaisuudet

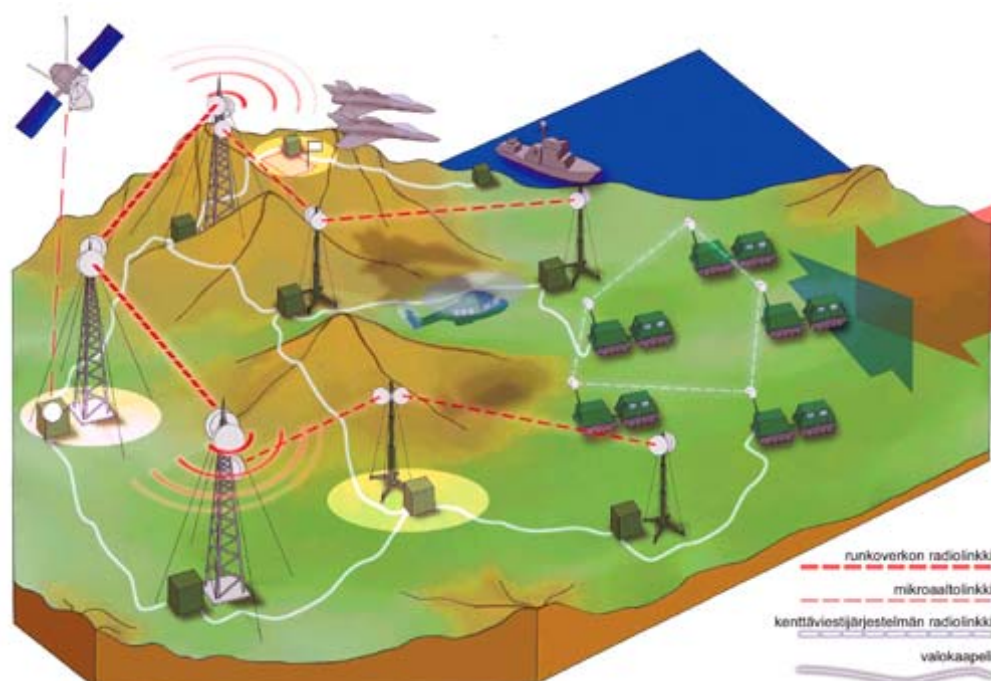
Liityntälaitteen kanavointilaitteessa olevien langallisten puhelinliittymien lisäksi liityntälaitteeseen on mahdollista integroida langattomia puhelinjärjestelmiä. Tällaisia ovat ainakin Ascom DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), IP-DECT ja VoWiFi (Voice over Wireless Fidelity Networks)

Ascom 9d DECT-järjestelmässä puhelimet on varustettu SIM (Subscriber Identity Module) -kortilla, joten puhelimen vaihto mahdollisessa vikatilanteessa tai työntekijöiden kesken on helppoa. Ascomin 9d-järjestelmä voidaan liittää yrityksen sisäiseen tai ulkoiseen verkkoon TCP/IP-rajapinnan kautta. Viestejä voidaan lähettää päätelaitteisiin jokaiselta verkkoon (esim. intranettiin) liitetystä PC:ltä sekä suoraan päätelaitteiden kesken. Erilaiset ryhmäviesti- ja hälytysviestitoiminnot ovat myös käytettävissä.[46]

Ascom IP-DECT yhdistää DECT-standardin VoIP-maailmaan, joka mahdollistaa sekä pakettimuotoisen datan siirtämisen että korkealaatuisen äänentason samassa verkossa.

Ascom VoWiFi perustuu WLAN-verkkojen (802.11 b/g) verkkojen hyödyntämiseen puheyhteydellä. Järjestelmä koostuu Ascom i75 VoWiFi-päätelaitteesta, järjestelmänhallintatyökalusta, integroidun viestinvälityksen palvelimesta ja Ascom VoIP-yhdyskäytävästä. Nämä elementit voidaan yhdistää kolmansien osapuolien laitteisiin, kuten WLAN-tukiasemiin, langattomiin kytkimiin, puhelinvaihteisiin ja IP-puhelinvaihteisiin.[47]

7.3.2 Alueellisten Viestijoukkojen järjestelmä (ALVI-järjestelmä)



KUVA 25: ALVI-järjestelmäkokonaisuus

Viestikomppania (T) on valmiutta kohotettaessa perustettava Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskuksen alainen sodan ajan joukko. Viestikompanialla (T) on pääasiassa kolme erityyppistä tehtävää: integroidun tiedustelu-, valvonta- ja johtamisverkon (ITVJ) varmentaminen ja vaurioiden korjaaminen sekä liittymäverkon rakentaminen ja ylläpito.[110]

Liittymäverkolla laajennetaan kiinteää viestintäverkkoa ja tarjotaan liittymäpisteitä eri puolustushaarojen joukoille. Tärkeimpinä kalustoina ovat järjestelmäkонтit, siirrettävät linkkimastot, mikroaaltolinkit, solmulaitteet ja kaukovalokaapeli.

Viestikompanian (T) rakentama liittymäverkko voi alkaa esimerkiksi ITVJ-verkon tai kiinteän viestintäverkon viestiaseman laitetilasta, kiinteän kuituverkon kytkentäkaivosta tai kiinteän viestintäverkon valmistellusta liittymäpisteestä (ALVI-liittymäkotelo).

7.3.2.1 Linkit, kuidut, solmut

ALVI-kalustoon kuuluu PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) -tekniikkaan perustuva, Ericssonin valmistama mini-link E-sarjan laitteisto. Mikroaaltolinkki on

jaettu kahteen osaan. Ulko-osa koostuu radioyksiköstä ja siihen integroidusta paraboloidisäteilijästä. Ulko-osa voidaan kiinnittää lähestulkoon mihin tahansa; siirrettävä linkkimasto, kiinteä masto, parvekkeen kaide jne.

Sisäasennusosa koostuu liitäntämoduulikehikosta, kahdesta modeemiyksiköstä ja huoltopääteyksiköstä, jotka on sijoitettu järjestelmäkaappiin. Ulko- ja sisäosa yhdistetään koaksiaalikaapelilla. Ulko- ja sisäyksikkö voidaan hajauttaa halkaisijaltaan 10 mm olevalla koaksiaalikaapelilla noin 150 metrin ja halkaisijaltaan 16 mm olevalla koaksiaalikaapelilla noin 300 metrin etäisyydelle toisistaan.[125]

Mikroaaltolinkin kapasiteetti on 34 Mbit/s. Kapasiteetin käyttöä rajoittavat kuitenkin modeemiyksiköt, joiden kapasiteetti on $4 * 2$ Mbit/s tai $1 * 8$ Mbit/s.

Ulkoyksikön tekniset tiedot:

• taajuusalue	12.75 – 13.25 MHz
• lähetysteho	-7 - +18 dbm
• siirtokapasiteetti	2 – 34 Mbit/s
• säteilijän halkaisija	60 cm
• kokonaispaino	17 kg

XDM-400 on Israelilaisvalmisteinen SDH (Synchronous Digital Hierarchy) -tekniikkaan perustuva siirtojärjestelmälaite, joka tarjoaa suurikapasiteettisen tiedonsiirtoyhteyden (optiset liittynät $4*STM-1$ (Synchronous Transfer Mode) ja $3*STM-4$, sähköinen $21*2$ Mbit/s). Solmulaite mahdollistaa kiinteän televerkon yhteyksien laajentamisen, varmentamisen ja suurikapasiteettisen runkoverkon yhteyksien korvaamisen. VK (T) rakentaa solmujen väliset yhteydet valokaapelein.

7.3.2.2 Miniliityntälaite

Liityntälaitteita käytetään sekä puolustusvoimien kiinteässä viestintäverkossa että liikkuvien tilaajien liittämisesssä. Miniliityntälaitteet poikkeavat PV:n viestintäverkon laitteista lähinnä palvelujen määrän ja liityntärajapintojen lukumäärän osalta. Tällä hetkellä kehitteillä on 3 erilaista miniliityntälaitetta; kenttäkelpoinen miniliityntälaite, miniliityntälaite sisätiloihin ja miniliityntälaite (ALVI). Miniliityntälaitteista käytetään myös nimitystä liityntälaitemodeemi.

ALVI-laitesuojaan sijoitettavalla miniliityntälaitteella (ALVI) muodostetaan yhteys liitettäviin johtoportaisiin. Liitettävillä johtoportilla on käytössään kenttäkelpoinen liityntälaitte tai miniliityntälaitte. Laitesuojan ja liitettävän johtoportaan välinen yhteys rakennetaan joko parikaapelilla tai valokuidulla. Lähitulevaisuudessa myös langattomat liityntävaihtoehdot ovat mahdollisia. Liitteessä 8 on lueteltu laitteiden liityntäraja- ja liittimet.



KUVA 26: Liityntälaitemodemi, miniliityntälaitte

Lähteen [116] mukaan teleoperaattoreiden Internet-verkkoa voidaan tarvittaessa käyttää liityntälaitteverkoissa, mikäli ratkaisun tietoturva hyväksytetään ja käyttöperiaatteista sovitaan. Liityntäpisteenä voidaan käyttää mitä tahansa saatavilla olevaa laajakaistaliittymää, mukaan lukien langattomat verkot. Langattomista verkoista voidaan mainita WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ja Digitan 450 MHz alueella toimiva langaton laajakaistaverkko.

7.3.2.3 Viranomaisverkko

VIRVE on TETRA (Terrestrial Trunked Radio Access) -teknologiaan perustuva maanlaajuinen radioverkko. Suomen viranomaisradioverkon ensisijaisia käyttäjiä ovat kaikki valtion ja kuntien turvallisuudesta vastaavat viranomaiset. Verkon keskeisiä käyttäjiä ovat palo- ja pelastustoimi, poliisi, rajavartiolaitos, sosiaali- ja terveystoimi, tullilaitos ja puolustusvoimat.

VIRVE (viranomaisradioverkko) ei ole Alueellisten viestijoukkojen järjestelmä, mutta VIRVE-verkko on laajennettavissa ALVI-joukkojen toimenpitein. Laitesuojaan sijoitetun järjestelmäkaapin XDM-400-solmu on mahdollista korvata TETRA-tukiasemalla, jolloin viranomaisverkkoa (VIRVE) voidaan laajentaa, korvata tai

kasvattaa verkon kapasiteettia halutuilla alueilla. Tästä johtuen VIRVE-järjestelmää on käsitelty tässä luvussa.

TETRA on ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) määrittämä radioverkkostandardi, joka on tarkoitettu käytettäväksi erillisverkoissa joko viranomaisien tai muiden käyttäjäryhmien kommunikointivälineenä.

TETRA-järjestelmän kannalta ulkopuolisten verkkojen tai päätelaitteiden liittämiseen liittyvät rajapinnat voidaan jakaa seuraavasti:

- TETRA ISI (Inter System Interface), joka määrittelee kahden eri TETRA-verkon rajapinnan
- TETRA Gateway:t puhelin- ja dataverkkoihin
- TETRA PEI (Peripheral Equipment Interface), joka määrittelee rajapinnan TETRA-radion ja datapäätelaitteen välillä.

TETRA PEI -rajapinnassa käytettävä datapäätelaite on esimerkiksi standardi PC. Datapäätelaite voidaan liittää lähiverkkoon TETRA-järjestelmän kautta. Vaihtoehtona on esimerkiksi TETRA IP -gateway [19] tai PEI-rajapinnan käyttö sekä datapäätelaitteen että lähiverkon päässä.

TETRA verkon siirtokapasiteetti vaihtelee käytössä olevien aikapaikkojen ja suojaustason mukaan. Siirtonopeus yhtä aikaväliä käyttämällä on suojaamattomalla datalla 7,2 kbit/s, heikosti suojatulla 4,8 kbit/s ja hyvin suojatulla 2,4 kbit/s. Mikäli verkossa riittää kapasiteettia, niin siirtonopeuksia voidaan nostaa ottamalla käyttöön useampia aikapaikkoja maksimimäärän ollessa neljä aikapaikkaa. Näin teoreettinen maksimidatansiirtonopeus on 28,8 kbit/s. Yhden aikapaikan maksimisiirtonopeudesta hyötydatan osuus on noin 2,5 – 3,5 kbit/s, joten neljällä aikapaikalla päästään 10 – 14 kbit/s [71].

TETRA-järjestelmän datansiirtokykyä kehitetään. Kehitystyö TEDS (TETRA Enhanced Data Service) -palvelun käyttöönottamiseksi on aloitettu. Kaistanleveyttä kasvattamalla (25, 50, 100, 150 kHz) ja modulaatiota muuttamalla teoreettinen datansiirtonopeus on jopa 538 kbit/s. Näyttää kuitenkin siltä, että 150 kHz:n kaistanleveyttä ei käytännössä ole mahdollista hyödyntää. 50 kHz:n kaistanleveydellä teoreettinen maksimisiirtonopeus on 160 kbit/s neljällä aikapaikalla.

Datansiirtonopeus kasvaa, mutta palvelujen saatavuus verrattuna puheyhteysien kantamaan laskee.[79]

TETRA-järjestelmän tarjoamia palveluja on käsitelty tarkemmin luvussa 9.

7.3.3 Yleinen viestintäverkko

7.3.3.1 Käytössä oleva linkkikalusto

TAHTO 07-harjoituskokemusten perusteella voidaan todeta, että JJK:n kyky tarjota ITVJ-liityntäpisteitä johtoportaiden käyttöön on rajoittunut maksimissaan muutamaan liityntäpisteeseen prikaatia kohti. JJK:n todellinen suorituskky riippuu monista tekijöistä, mutta varmaa on, että kyky laskee sitä mukaa kun kiinteä viestintäverkko tuhoutuu, ja resursseja joudutaan käyttämään runkoverkon ylläpitoon. JJK:n resurssipulan helpottamiseksi voitaisiin alueella olevaa matkapuhelin- ja datansiirtoverkon mikroaaltolinkkikalustoa käyttää osana JJK:n resursseja.

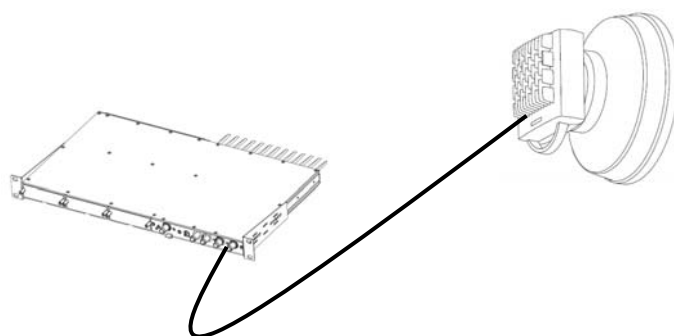
Matkapuhelinverkon siirtoteiden runkoyhteyksinä käytetään pääsääntöisesti valokuituyhteyksiä, joita varmennetaan linkkiyhteyksin. Kuituyhteydet rakennetaan tärkeimmille keskittimille, joista yhteydet jatketaan mikroaaltolinkeillä eteenpäin. Linkkiyhteyksin verkkotopologiat vaihtelevat tarpeen mukaan. [134]

Verkkotopologiaa voisi hyödyntää sellaisenaan, joko osana VK (T):n siirtojärjestelmää, tai osana alajohtoportaiden sisäisiä yhteyksiä. Linkkejä voitaisiin uudelleen suunnata tarpeen mukaan, ja tarvittaessa materiaali toimisi reservikalustona, sillä operaattoreilla on käytössään samaa linkkikalustoa (Ericsson) kuin ALVI-joukoilla. Lisäksi on muiden laitevalmistajien linkkejä, kuten Nokian FlexiHopper, joita voidaan käyttää samaan tapaan kuin Ericssonin kalustoa.

Gigahertsi alueella toimivat mikroaaltolinkit vaativat käytännössä näköyhteyden, jonka vuoksi kiinteitä mastoja on rakennettu huomattavia määriä. Liitteessä 9 on kuva erään alueen kiinteiden mastojen sijaintipisteistä. Kuvassa on laskettu Warfare-ohjelmistolla yhteysmahdollisuudet käyttäen 20 ja 30 metrin mastokorkeutta. Kalustona on ALVI-kalustoon kuuluvaa Ericssonin mini-link E, joka toimii 13 GHz taajuudella.

Liitteestä 9 voidaan havaita, että kiinteitä mastoja (korkeita rakennuksia) hyödyntämällä aikaansaadaan kymmeniä reititysvaihtoehtoja toiminta-alueella. Mastokorkeudeksi riittää 30 metriä. Tämä mahdollistaa käytännössä ITVJ-liityntäpisteen muodostamisen mille tahansa mastolle.

Lähteen [134] mukaan FlexiHopper järjestelmä koostuu sisäyksiköstä (FlexiHopper Indoor Unit FIU) ja ulkoyksiköstä (Outdoor Unit). Yksiköt yhdistetään toisiinsa koaksiaalikaapelilla (Flexbus), jonka pituus voi olla 300 m. Koaksiaalikaapelilla siirretään 1-16*2 Mbit/s yhteydet sisäyksiköltä ulkoyksikölle, valvotaan ulkoyksikön toimintaa, syötetään sähkö ulkoyksikölle sekä yhdistetään kaksi sisäyksikköä toisiinsa.



sisäyksikkö

koaksiaalikaapeli

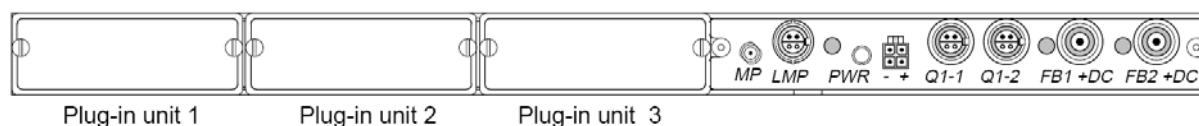
ulkoyksikkö

KUVA 27: FlexiHopper-järjestelmän peruskokoonpano

FlexiHopper mikroaaltolinkkien taajuusalueet ovat 13, 15, 18, 23, 26 ja 38 GHz. Kaikkien ulkoyksiköiden siirtokapasiteetti on 2*2, 4*2, 8*2 tai 16*2 Mbit/s. Siirtokapasiteetti määräytyy sisäyksikön ja koaksiaalikaapelille määritetyn siirtokapasiteetin perusteella.

Jatkossa sisäyksiköstä käytetään nimeä modeemiyksikkö ja ulkoyksiköstä nimitystä radioyksikkö. Modeemiyksikön kapasiteetti on 4-16*2 Mbit/s. Siirtokapasiteettia voidaan laajentaa 4*2 Mbit/s laajennusosilla, jotka voidaan liittää modeemiyksikön etupaneeliin. 16*2 Mbit/s kapasiteettiin tarvitaan modeemiyksikön alapuolelle liitettävä laajennusosa.

2 Mbit/s yhteydet kytetään joko 4-johtimisesti tai koaksiaalikaapelilla. Siirtoprotokollana toimii G.703.



KUVA 28: FlexiHopper-modeemiyksikkö

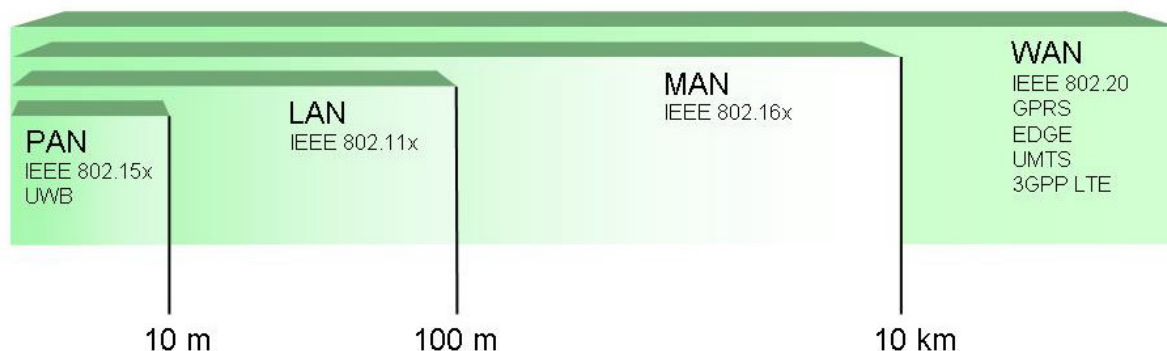
FlexiHopper muistuttaa toiminnoiltaan ja käytettävyydeltään hyvin paljon ALVI-linkkikalustoa. 2 Mbit/s-väylien käsittely on erittäin helppoa, kummankin järjestelmän 2 Mbit/s siirto tapahtuu G.703 siirtoprotokollan mukaan, modeemiyksikkö ja radioyksikkö yhdistetään koaksiaalikaapelilla ja siirtokapasiteettia voidaan nostaa joustavasti modeemiyksikköä vaihtamalla.

G.703 siirtoprotokolla mahdollistaa 2 Mbit/s-väylien kytkemisen joko kupari- tai koaksiaalikaapelilla toisiinsa siten, että ALVI- ja FlexiHopper järjestelmien välille voidaan muodostaa rajapinta. Näin FlexiHopper-linkit voidaan liittää osaksi ALVI-linkkijärjestelmää. Tätä voitaisiin harjoitella jo rauhan ajan harjoituksissa yhteistoiminnassa operaattoreiden kanssa.

Teknisesti rajapinta on helppo toteuttaa. Ongelmia saattaa syntyä yhteyden valvonnan osalta käytettäessä kahden laitevalmistajan laitteita.

7.3.3.2 Langattomat datansiirtoverkot

Kuvassa 29 on esitetty langattomien tiedonsiirtoverkkojen jako kantaman perusteella: PAN (Personal Area Network), LAN (Local Area Network), MAN (Metropolitan Area Network) ja WAN (Wide Area Network). Kuvaan merkityt kantamat ovat suuntaa antavia, sillä esimerkiksi antennirakenteilla, välimaastolla, käytettävällä tekniikalla ja halutulla palvelun laadulla on huomattava merkitys yhteysetäisyyteen.



KUVA 29: Langattomien tiedonsiirtoverkkojen jako

7.3.3.2.1. PAN-verkot

Bluetooth (IEEE 802.15.1) on lyhyen kantaman radiotekniikkaan perustuva langaton tiedonsiirtotekniikka, jonka tarkoituksena on ollut korvata kaapelit matkapuhelinten, PC:n, tulostinten ja muiden oheislaitteiden välillä. Bluetoothilla korvataan myös infrapunayhteyksiä, koska Bluetooth on toimintavarmempi ja monipuolisempi siirtotekniikka, eikä tarvitse esim. optista kontaktia yhteyslaitteiden välillä. Bluetooth-teknologia mahdollistaa myös yhteyslaitteiden autentikoinnin ja datan salauksen, toisin kuin infrapunayhteydet.

Bluetoothin 2.0 versiossa tiedonsiirron nopeus on EDR (Enhanced Data Rate) -laajennuksella jopa 3,0 Mbit/s. Pienimmällä, milliwatin (luokka 3) lähetysteholla, päästään noin metrin tiedonsiirtoetäisyyksiin. 2,5 mW lähetysteholla (luokka 2) noin kymmeneen metriin ja 100 mW:n (luokka 1) lähetysteholla noin 100 metrin etäisyydelle. Bluetoothin keskilähetystaajuus on 2,45 GHz. Samalla taajuualueella toimivat myös mm. mikroaaltouunit ja langattomat lähiverkot. Yhteyksien häiriöiden vähentämiseksi lähetyksessä käytetään hajaspektritekniikkaa. [96]

WUSB (Certified Wireless Universal Serial Bus) eli langaton USB, on Wireless USB Promoter Group:n kehittämä tekniikka. WUSB käyttää UWB (Ultra Wide Band) -modulointimenetelmää, jossa signaali lähetetään nopeina pulsseina laajalla taajuualueella (1-2 GHz). UWB:lle on varattuna taajuudet 3,1 GHz - 10,6 GHz, joten se ei häiritse esimerkiksi tällä hetkellä 2,5 GHz:n alueella toimivia lähiverkkoja. WUSB siirtonopeudeksi on määritetty 480 Mbit/s 3 metrin etäisyydelle ja 110 Mbit/s 10 metrin etäisyydellä [154].

Bluetoothin kilpailijaksi on nousemassa monia muitakin langattomia verkkoja. IEEE 802.15.3 työryhmä 3c kehittää langattomia PAN-verkkoja, jotka toimivat millimetrin aallonpituusalueella. Tavoitteena on saavuttaa 11-55 Mbit/s siirtonopeudet 70 metrin etäisyydelle. Standardi tukee Ad-Hoc -yhteydenmuodostusta.[97]

PAN-verkkojen kehittäminen on käynnissä, mutta standardointia ei ole vielä tehty. Toukokuussa 2007 mukana oli 16 kilpailevaa tekniikkaa [64].

Cypress Semiconductor on kehittänyt WUSB:lle kilpailevan tekniikan, WirelessUSB. Se on tarkoitettu toimimaan 10–50 metrin säteellä. Vaikka nimet muistuttavat toisiaan, ovat laitevalmistaja ja tekniikka täysin erilaiset.

7.3.3.2.2. LAN- ja MAN-verkot

Laajakaistasta puhutaan päivittäin, mutta käsite on dynaaminen ja vaihtelee eri yhteyksissä. Kansainvälisesti ja kansallisesti laajakaistan miniminopeutena pidetään kiinteissä yhteyksissä 256 kbit/s. Televiestintätilastossa laajakaistaliittymä on määritelty teknologian (kuten DSL ja kaapelimodeemi) mukaan, ei varsinaisesti yhteyksinopeuden mukaisesti.[86]

Liikenne- ja viestintäministeriön laajakaistastrategiassa mainitaan, että vuonna 2007 toteutuvat valtioneuvoston asettamat lisätavoitteet siitä, että vähintään 90 prosenttia Internet-yhteyksistä on laajakaistaisia. Lisäksi mainitaan, että Suomi on maailman eturivissä laajakaistapalvelujen käytössä. Haasteelliseksi todetaan tavoite siitä, että yleisin laajakaistayhteyksinopeus vuoden 2007 loppuun mennessä olisi vähintään 8 Mbit/s.[102]

Tyypillisesti laajakaistaiset yhteydet toteutetaan erilaisilla kuparisia liityntäjohtoja hyödyntävillä DSL (Digital Subscriber line) -tekniikoilla, jotka talojakamossa tai katujakamossa liitetään optiseen liityntäverkkoon. Datanopeuksien kasvaessa tulee kuparikaapeliin etäisyysvaimennus yhteyksiä rajoittavaksi tekijäksi. Kaupunkialueella on usein mahdollista käyttää myös kaapelitelevisio-operaattorin yhteyksiä. Muita laajakaistayhteyksien toteuttamismuotoja ovat esim. satelliittiyhteydet, valokuitu, matkapuhelinverkot, datasähkö, digi-TV ja WLAN.

Useammasta tukiasemasta koostuvassa verkossa liikkuminen olisi varsin hankalaa, mikäli jokaiseen tukiasemaan joutuisi kirjautumaan erikseen. Tukiaseman vaihdon mahdollistavassa verkossa (roaming) sovitin vaihtaa automaattisesti siihen tukiasemaan, jossa on paras signaali. Käyttäjä ei huomaa hyppäämistä tukiasemasta toiseen käyttökatkoksena, vaan vaihto tapahtuu silmänräpäyksessä. Roaming-ominaisuutta käyttävien tukiasemien tulee olla kytkettynä toisiinsa joko kaapeliverkon tai toistin-ominaisuuden välityksellä [45].

WLAN tekniikka kehittyy jatkuvasti. Viimeisin parannus on moniantennitekniikka MIMO (Multiple In Multiple Out). MIMO-tekniikassa tietoa lähetetään ja vastaanotetaan kahden tai useamman antennin kautta. MIMO-järjestelmät lisäävät tiedonsiirron kapasiteettia, kantomatkaa ja luotettavuutta verrattuna perinteisiin yhden antennin järjestelmiin. MIMO-tekniikka on herättänyt suurta mielenkiintoa ja sitä tullaan muodossa tai toisessa hyödyntämään eri radioverkoissa [98].

Paranneltu 802.11n-standardi tukee MIMO-tekniikkaa. 802.11n-standardin määrittämä nopeus on teoriassa jopa 600 Mbit/s. Käytännössä niille luvataan noin 100-200 Mbit/s nopeutta, jolloin nopeus olisi samaa luokkaa kuin perinteisellä 100 Mbit/s Ethernet-kaapelilla. Tätä tekniikkaa on jo käytetty 802.11g standardissa epävirallisesti. Virallisen IEEE 802.11n työryhmän projektiaikataulun mukaan IEEE arvio julkaisevansa standardin lokakuussa 2008.[39]

IEEE802.11s ja IEEE802.16j työryhmät kehittävät parhaillaan MESH-tekniikkaa tukiasemien väliseen kommunikaatioon WLAN ja WIMAX -verkoissa. Muodostettava MESH-verkko toimisi langattomana runkoverkkona tukiasemien muodostamalle langattomalle pääsyverkolle. MESH-verkossa liikkuminen ja tukiaseman vaihtaminen on mahdollista ilman yhteyden katkeamista. Erilaisia laite ja protokollaratkaisuja MESH-verkkoihin on jo tarjolla. Niitä on käytetty niin kaupunkialueella olevien laajakaistaverkkojen rakentamiseen kuin viranomaisverkkoihin.[98]

Ad-Hoc viittaa improvisoituun ja ennalta valmistelemattomaan ratkaisuun vastakohtana hyvin ja perusteellisesti suunnitellulle ratkaisulle. Mobile Ad-Hoc Network (MANET) on langaton, tiettyä tarkoitusta varten (ad-hoc) muodostuva verkko. Tyypillisimmin MANET-verkot käyttävät 802.11-standardin laitteita. MANET-verkossa ei ole tukiasemia, vaan laitteet viestivät keskenään ilman tukiaseman avustusta. Jokainen verkon solmu toimii myös reitittimenä, mitä johtuen Ad-Hoc-tekniikasta käytetään myös nimitystä monihyppyreititys [98]. Verkosta muodostuu mielivaltainen verkkotopologia, joka saattaa myös muuttua ennalta arvaamattomasti.

WLAN-verkkoa täydentää OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) -tekniikkaa käyttävä WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) -verkko. WIMAX soveltuu erityisesti haja-asutusalueille, jossa lankaverkko on kallis ylläpitää. WIMAX käyttää 3,5 GHz taajuusaluetta, tukiasemat voivat sijaita kymmenen kilometrin välein ja tilaajanopeudet voidaan nostaa useisiin megabiteihin

sekunnissa. Operaattori voi säädellä nopeuksia ja taata jopa IP-puheelle riittävän palvelutason. Tällä hetkellä WiMAX:sta on kaksi standardia; kiinteitä yhteyksiä tarjoava IEEE 802.16-2004 ja Mobiilin WiMAX:n määrittelevä IEEE 802.16e (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Lähteen [82] mukaan ensi vuodesta on tulossa mobiili-WiMAXin vuosi. Itse asiassa jo tänä vuonna tarjolle on tulossa 802.16e-standardiin perustuvia verkkoja ja laitteita, jotka tukevat niin MIMO-yhteyksiä kuin keilanmuodostusta (beam forming). Ensimmäiset laitevalmistajat ovat jo ilmoittaneet tuovansa markkinoille PC-koneisiin liitettävän mobiili WiMAX:n vuoden 2007 kuluessa [84]. Lisäksi markkinoilla on jo saatavilla joitakin WiMAX-puhelimia. Nokia on julkistanut oman mobiili-WiMAX -tukiaseman, jonka odotetaan tulevan markkinoille vuoden 2007 loppupuolella.[81] Ensimmäisten Nokian WiMAX-päätelaitteiden odotetaan ilmestyvän vuoden 2008 alkupuolella.[85]

Ericsson on julkisesti arvioinut, että vuoteen 2010 päästessä mobiili-wimaxin osuus langattomasta laajakaistaliikenteestä ja -dollareista olisi vain 5-10 prosenttia. Ericssonin näkemystä voi selittää sekin, että yhtiö on hylännyt WiMAX-tekniikan ja keskittyy 3G-evoluutioon. Arvioiden mukaan HSPA-tekniikkaa tällä hetkellä investoivat operaattorit ryhtyvät päivittämään verkkojaan tulevaan LTE-tekniikkaan (Long Term Evolution) vuosina 2009–2010.

NMT-matkapuhelimilta (Nordic Mobile Telephone) vapautunut 450 MHz taajuusalue myönnettiin Digitalle kesäkuussa 2005. Digita avasi langattoman @450-laajakaistaverkon huhtikuussa 2007. Tuolloin langaton laajakaista käsitti Etelä-Suomesta alueen Helsinki-Turku-Tampere-akselilla sekä alueen Oulusta Ivaloon. Kesäkuuhun 2008 mennessä langaton laajakaista kattaa jo lähes 80 prosenttia Suomesta. Koko maan kattavaksi verkko laajenee joulukuussa 2009. Digita rakentaa @450-laajakaistan yhteistyössä Siemensin kanssa.[53]

Operaattoreiden ilmoittamiin peittoalueisiin ja siirtonopeuksiin on suhtauduttava varauksella. Peittoalueita määritettäessä on käytetty erilaisia antennikorkeuksia 1-5 metrin väliltä. Siirtonopeudet on ilmoitettu optimaalisissa olosuhteissa, jotka toteutuvat harvoin käytännössä.

Puolustusvoimissa WIMAX-yhteyksiä on suunniteltu liityntälaitteiden tukiasemiksi ja kaapeliyhteyksien varateiksi. ALVI-joukot perustavat WIMAX-tukiaseman viestikeskuksen alueelle, johon liityntälaitteet tukeutuvat. Lisäksi on mahdollisuus tukeutua operaattoreiden WIMAX-verkkoon.

7.3.3.2.3. WAN-verkot

GSM (Global System for Mobile Communications) -verkkoa voidaan käyttää datansiirtotienä käyttäen HSCSD- (High Speed Circuit Switched Data), GPRS- (General Packet Radio Access), EDGE- (Enhanced Data for Global Evolution) tai WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) -tekniikkaa.

HSCSD on GSM-verkon piiriyhteyksinä tiedonsiirtotekniikka. HSCSD pohjautuu GSM-verkon GSM-dataan, jonka teoreettinen siirtonopeus on 14,4 kbit/s. Lisänopeus saavutetaan tehokkaammalla radiokoodauksella ja usean rinnakkaisen GSM-verkon puhekanavan käytöllä, jolloin teoriassa päästään 57,6 kbit/s siirtonopeuteen.

GPRS-verkon tehtävänä on tarjota pakettivälitteinen yhteys päätelaitteen ja kiinteässä verkossa olevan liittymäkohdan AP (Access Point) välille. Datayhteyksiä varten GPRS käyttää GSM-verkon infrastruktuuria. GSM-verkossa kullekin tukiasemalle BTS (Base Transceiver Station) on tietty määrä fyysisiä kanavia, ja operaattori voi varata näitä kanavia joko yhteiseen käyttöön, tai operaattori voi ottaa osan kanavista GPRS-palvelun käyttöön. GPRS ei siis edellytä omia kanavia, vaan se voi kilpailla samoista kanavista puheliikenteen kanssa. Käytännössä operaattorit sijoittavat piiriyhteyksiset GSM-puhelut korkeammalle prioriteetille, ja verkon ylimääräinen kapasiteetti annetaan GPRS-käyttäjille.[24] Tästä johtuen GPRS-yhteyden hidastuminen ja katkeaminen on mahdollista.

GPRS:n siirtopurskeet koodataan, jotta niihin voidaan lisätä redundanssia mahdollisten virheiden havaitsemiseksi ja korjaamiseksi. Ilmatien laadun vuoksi on määritetty neljä koodaustapaa. Käytettävä koodaustapa riippuu lähes suoraan puhelimen ja tukiaseman välisestä etäisyydestä. Mitä suurempi etäisyys, sitä tehottomampi koodaustapa on valittava ja sitä pienempi on hyötydatan osuus.

EDGE (Enhanced Data rate for Global Evolution) on GPRS:n kehittyneempi radiotekniikka. EDGE poikkeaa GPRS:stä lähinnä radiotien modulaation ja

kanavakoodauksen osalta. EDGE käyttää siirtotien laadusta riippuen yhdeksää koodaustapaa (Modulation Coding Scheme). Nopeimmilla yhteyksillä EDGE käyttää modulointiin 8 PSK (Phase Shift Keying) -koodausta ja huonommilla yhteyksillä GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) -koodausta, jota käyttää myös GPRS-tekniikka. Teoriassa 8 PSK mahdollistaa kolme kertaa suuremmat siirtonopeudet verrattuna GMSK-tekniikkaan, sillä 8 PSK siirtää radioaallon yhdellä vaihemuutoksella 3 bittiä verrattuna GMSK:n yhteen bittiin.

Aikavälejä yhdistämällä saadaan GPRS:n teoreettiseksi hyötydatan siirtonopeudeksi 171,2 kbit/s ja EDGE:n nopeudeksi 473,6 kbit/s.

EDGE:ä kehitetään jatkuvasti. Kehittyneemmästä versiosta käytetään mm. nimeä Evolved EDGE. Siinä siirtonopeuksia pyritään kasvattamaan ottamalla käyttöön 16 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) -modulointi, jolloin aikapaikkakohtaista siirtonopeutta kyetään nostamaan 38%. Hyötydatan osalta se tarkoittaa noin 25% parannusta.[141]

16 QAM -modulointi, kahden kanta-aallon käyttö ja uudet koodaustavat 10-11, mahdollistavat 16 aikapaikan käytön, joka tarkoittaa 1,305 kbit/s siirtonopeutta molempiin suuntiin. Tällöin hyötydatan siirtonopeus saattaisi olla yli 1 Mbit/s.[141]

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) on kolmannen sukupolven (3G) matkaviestintäteknologiaan pohjautuva verkko. UMTS-verkko toimii GSM-verkon rinnalla ja käyttää omia tukiasemia. UMTS-verkossa on käytettävissä sekä piirikytkentäinen että pakettikytkentäinen tiedonsiirtotekniikka. UMTS-tekniikan hyödyntäminen edellyttää UMTS-verkkoon sopivan puhelimen/tietoliikennekortin käyttöä. UMTS-verkon suurin teoreettinen pakettikytkentäinen tiedonsiirtonopeus on 384 kbit/s.

UMTS-tekniikka tunnetaan myös nimellä WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). ITU (International Telecommunication Union) on hyväksynyt WCDMA:n standardina IMT-2000 direct spread.[10] WCDMA eroaa GSM-järjestelmän tekniikasta siten, että WCDMA:ssa kaikki käyttäjät ovat samalla taajuualueella ja voivat lähettää samaan aikaan [18]. Käyttäjät tunnistetaan muiden joukosta erityisen

koodin perusteella. WCDMA käyttää hyvin pientä lähetystehoa ja laajaa taajuuskaistaa.

Suurimmat teleoperaattorit Sonera, Elisa ja DNA ovat päivittäneet 3G-verkkonsa HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) -verkkoteknologialla.[60] HSDPA on 3G-verkon nopeutettu tiedonsiirtotekniikka verkosta päätelaitteelle. HSDPA:n teoreettinen tiedonsiirtonopeus on nykyisin 3,6 Mbit/s. Vuoden 2007 aikana markkinoille pitäisi ilmestyä päätelaitteita, jotka mahdollistavat 7,2 Mbit/s teoreettisen datansiirtonopeuden. Päätelaitteelta verkkoon nopeus on 384 kbit/s.

HSPA-tekniikan seuraavat kehitysaskeleet ovat HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) sekä HSPA+ (High Speed Packet Access+). HSUPA-tekniikka mahdollistaa siirtonopeuden kasvattamisen päätelaitteesta verkon suuntaan. Operaattoreiden tavoitteena on nostaa HSUPA-siirtonopeus 1,5 Mbit/s ensi vuoden kuluessa.[83]

HSPA+ -tekniikasta käytetään myös nimitystä Evolved HSPA. Se on väliaskel kohti 3GPP LTE-verkkoa (4G) [141]. LTE-verkon tavoitteita ovat mm. 20 MHz kaistanleveydellä 100 Mbit/s siirtonopeus verkosta päätelaitteelle ja 50 Mbit/s päätelaitteelta verkkoon sekä skaalattava kaistanleveys välillä 1,25 – 20 MHz.[1]

4G:n tavoitteena on yhteinen Internet-runkoverkko, johon kaikki muut verkot kyetään liittämään. 4G yhteydet tulevat perustumaan avoimeen langattomaan arkkitehtuuriin (Open Wireless Architecture OWA), joka mahdollistaa päätelaitteen saumattoman liittymisen suurikapasiteettiseen verkkoon (WLAN, Broadband Wireless Access, WiMAX, Wireless ATM jne.) kun sellainen on lähettyvillä. Kun käyttäjä siirtyy mobiiliverkkojen alueelle, kykenee laite muodostamaan yhteyden matkapuhelinverkkoihin (GPRS, WCDMA, CDMA2000 jne.).[143]

4G verkko on täysin IP-pohjainen, integroitu verkkojen verkko, jossa langaton ja langallinen verkko ovat sulautuneet yhteen [157]. 4G ei ole vain tekniikka tai standardi, pikemminkin tekniikoiden ja protokollien kokoelma, joka mahdollistaa kustannustehokkaan, nopean tiedonsiirron. Pääpaino on sisällössä, joka on 4G:ssä tekniikkaa tärkeämpää. Käyttäjän ulottuville tuodaan palveluja, joita on mahdollista käyttää kaikkialla. 4G:stä puhuttaessa käytetään termiä ”ubiikki”, joka juontuu latinasta ja merkitsee ”kaikkialla ja koko ajan läsnä olevaa”. [36]

Teknologian kehitys ja käyttöönotto ei ole aina toteutunut suunnitelmien mukaan. 3G-verkko tekee yhä tuloaan. Teknisesti sen käyttö on ollut jo pitkään mahdollista, mutta käyttäjät eivät ole sitä vielä omaksi ottaneet. Syy lienee sopivien palveluiden puute, päätelaitteiden ominaisuudet sekä kustannukset. Näin ollen 3G yhteyksien todellinen käyttö on tällä hetkellä melko vähäistä.

Tietokoneisiin on ostettavissa kortti, joka tukee kaikkia matkapuhelinverkon siirtoteitä. Siirtokustannukset eivät juurikaan poikkea ADSL-liittymistä. 3G-verkon laajentuessa saattaa vastaavanlaisista korteista tulla kova kilpailija perinteisille WLAN-verkoille sekä tulossa oleville WIMAX- ja @450-verkoille. Etenkin kun operaattorit ovat siirtymässä siirrettyyn datamäärään perustuvasta laskutuksesta tuntiperusteiseen laskutukseen.

900 MHz -verkot kiinnostavat operaattoreita. On esitetty, että UMTS-verkoille pitäisi sallia myös 900 MHz:n taajuus, jotta verkkoja voitaisiin tulevaisuudessa avata myös pienemmillä paikkakunnilla. Esitys pohjautuu siihen, että nykyistä alhaisemmalla 900 MHz taajuudella UMTS-verkon solukoko saadaan suuremmaksi, ja harvaan asutuilla alueilla tarvitaan vähemmän tukiasemia. Nykyinen 3G-verkkojen 2,1 GHz ja jatkossa myös 2,5 GHz taajuus vaatii hyvin tiheän tukiasemaverkon. 900 MHz taajuuden sallimisella 3G-verkoilla voitaisiin edistää laajakaistaisten mobiiliverkkojen rakentamista koko maahan.[80]

Siirtonopeuksiin vaikuttaa huomattavasti olosuhteet, etäisyydet tukiasemista, tukiaseman kuormitus jne. Tämän vuoksi on mahdotonta sanoa, mikä on todellinen siirtonopeus missäkin tilanteessa. Normaaliolosuhteissa teoreettiset huippuarvot toteutuvat tuskin koskaan. Ne antavat kuitenkin suuntaviivoja siitä, mihin käytännössä ollaan menossa.

Aikaisemmin esitetyt teoreettiset siirtonopeudet poikkeavat huomattavasti käytännön siirtonopeuksista. Esimerkiksi Elisan verkossa suurin teoreettinen EDGE:n siirtonopeus on 236,8 kbit/s ja GPRS:n 53,6 kbit/s. Siirtonopeus riippuu verkon ominaisuuksien ja kuormituksen lisäksi käytettävästä tietoliikennekortista/puhelimesta. Käytännössä EDGE:llä saavutetaan parhaimmillaan noin 150 kbit/s ja GPRS:llä 40 kbit/s nopeus siirrettäessä tietoa verkosta puhelimelle ja noin puolet tästä siirrettäessä tietoa puhelimesta verkkoon.[40]

Suurimmat siirtonopeudet saavutetaan 3G-verkon alueella. Siirtoyhteys verkosta päätelaitteelle on HDSPA-yhteydellä maksimissaan 2 Mbit/s. Päätelaitteesta verkon suuntaan maksiminopeus on 384 kbit/s. 3G-verkon ulkopuolella yhteydet toimivat joko EDGE- tai GPRS-nopeuksilla.

Datansiirtonopeus on tärkeä mitta määritettäessä verkon suorituskykyä. Datansiirtonopeus ei kuitenkaan ole yksiselitteinen käsite. Datansiirtonopeus ilmoitetaan usein radiotien huippunopeutena. Huippunopeuksia laskettaessa on käytetty suurinta mahdollista modulaationopeutta, jolloin siirtonopeus kasvaa, ja pienintä mahdollista virheenkorjausta, jolloin siirrettävän hyötydatan määrä kasvaa. Hyötydatan osuus siirtoverkon huippunopeudesta saattaa olla 10-20% alhaisempi, johtuen mm. pakettien otsikkotiedoista ja muista protokollien edellyttämistä lisämääreistä.

Hyötydatan siirtonopeutta voidaan mitata todellisessa ympäristössä FTP (File Transfer Protocol) -siirrolla. Tällöinkin on huomioitava olosuhteet (verkon ruuhkaisuus, signaalin vahvuus jne.) jossa datansiirto tapahtuu. Pullonkaula ei aina ole radiotiellä, vaan se saattaa sijaita esimerkiksi tukiaseman jälkeen. FTP-siirto lienee kuitenkin käyttökelpoisiin datansiirron mittari, ainakin käyttäjän näkökulmasta.

Liitteessä 10 on esitetty kooste mobiiliverkkojen tiedonsiirtonopeuksista.[141]

Varmaa kuitenkin on, että langattomat tiedonsiirtomahdollisuudet kehittyvät huomattavasti nykyhetkestä. IP-pohjainen tiedonsiirto yleistyy ja käyttökohteet lisääntyvät. Päätelaitteisiin integroidaan yhä useampia radiolaitteita, jotka mahdollistavat ABC (Always Best Connected) -yhteydet eri verkkojen välillä. Radiolaitteiden integroinnin lisäksi kehitteillä on ohjelmistoradio, joka voidaan ohjelmoida käyttämään erilaisia signaalimuotoja. Näin ohjelmistoradio kykenee toimimaan useissa radioverkoissa, koska sen toimintoja voidaan ohjelmallisesti muuttaa. Lisäksi puhutaan Ambient Network (AN) -käsitteestä, joka vapauttaa käyttäjät ennalta hankitusta liittymästä ja mahdollistaa kaikkien saatavilla olevien resurssien käytön. Toteutuessaan se tulee mullistamaan pääsyverkkotarjonnan kilpailutilanteen.[98]

Edellytyksenä on kuitenkin käyttäjien halu. Käyttäjien voidaan olettaa haluavan ainakin osan käyttämistään palveluista missä ja milloin tahansa. Ihanteellisessa mallissa palvelut seuraavat käyttäjää ja käyttäjän kokema palvelu on identtinen paikasta riippumatta.

7.3.4 Satelliittijärjestelmät

Kriisi- ja katastrofitilanteissa kohdealueen infrastruktuuri on usein täysin tuhoutunut, joten ensimmäisten paikalle saapuvien joukkojen on itse muodostettava tarvitsemansa yhteydet. Yhteydet voidaan jakaa kolmeen kokonaisuuteen: omat sisäiset yhteydet, yhteydet alueella oleviin muihin toimijoihin sekä yhteydet toiminta-alueen ulkopuolelle (kotimaahan). Satelliittijärjestelmät ja HF-yhteydet ovat käyttökelpoisia menetelmiä toteuttaa viestiyhteydet tuhoalueen ulkopuolelle. Satelliittien etuja ovat mm. riippumattomuus alueen kiinteän viestintäverkon rakenteesta, pitkät yhteysetäisyydet, kohtuullinen kapasiteetti, peittoalueen nopea laajentaminen alueille, joilla ei ole toimivaa matkapuhelin- tai laajakaistaverkkoa sekä pienellä materiaalimäärällä nopeasti toteutettavat yhteydet.

Satelliittiyhteyksien toimittajia on monia, joista tunnetuimpia ovat mm. Inmarsat, Iridium ja Globalstar. Muita satelliittioperaattoreita löytyy esimerkiksi lähteestä [21].

Inmarsat perustuu geostationaarisella eli geosynkronisella (Geo Earth Orbit) radalla toimiviin satelliitteihin. Geostationaarinen rata on noin 35800 kilometrin päässä, suoraan maan pinnan yläpuolella päiväntasaajalla sijaitseva ympyrän muotoinen kiertorata. GEO-radalla kiertävä satelliitti näyttää maasta käsin pysyvän paikoillaan, koska se kiertää maata samaa vauhtia kuin maa pyörii. Tämä on yleisin tietoliikennesatelliittien kiertorata, koska tällöin satelliitti voi käyttää kiinteitä, suuntaavia antennejä.

GEO-satelliittien peittoalue ulottuu pohjois-eteläsuunnassa noin 75 leveyspiirille. Leveyspiirien välinen alue voidaan peittää maailmanlaajuisesti minimissään kolmella GEO-satelliitilla. Esimerkiksi Suomelle GEO-satelliitit ovat hankalia, koska vastaanottimen antenni on suunnattava kohti satelliittia maan pinnan suhteen liki horisontaalisesti, jolloin mm. puusto ja korkeat rakennukset vaikeuttavat antennin sijoittamista.

Inmarsatilla on kolmen eri sukupolven satelliitteja, joista viimeisin I-4, mahdollistaa satelliittipohjaiset laajakaistayhteydet. I-4 tulee korvaamaan vanhemman sukupolven satelliitit. I-4 satelliitti sisältää kolme "säteilykeilaa", jotka voidaan kohdentaa maantieteellisesti eri kokoisille alueille.

Satelliitin säteen valaisemaa aluetta voidaan verrata taskulampun säteilykeilaan. Mitä laajempi valaisualue, sen heikompi valoteho. Laajin peittoaluetyyppi kattaa noin kolmanneksen maapallon pinta-alasta, pois lukien napa-alueet. Jokainen satelliitti sisältää lisäksi 19 kappaletta keskikokoisia säteilykeiloja, "wide spot-beam", jolla kohdealueen siirtokapasiteetti voidaan nostaa 128 kbit/s. Lisäksi jokaisessa satelliitissa on 228 kappaletta kapeita säteilykeiloja, "narrow spot-beam", joilla voidaan kasvattaa kohdealueiden siirtokapasiteettia aina 492 kbit/s [54]. Nämä kapeat säteilykeilat muodostavat perustan Inmarsatin laajakaistapalveluille, mukaan lukien RBGAN tai BGAN (Regional Broadband Global Area Network).

Varsinaisesta laajakaistayhteydestä ei voida puhua, sillä siirtoyhteys on muutamia satoja kilobittejä sekunnissa. Järjestelmän tavoitteena onkin lähinnä aikaansaada kannettava Internet-yhteys. Inmarsat-järjestelmän päätelaitteet ovat kannettavan tietokoneen luokkaa. PC voidaan liittää satelliittiantenniin joko USB-, Ethernet- tai Bluetooth-yhteyden välityksellä. Liitteessä 11 on teknisiä yksityiskohtia yhdestä puolustusvoimille hankitusta BGUN-laitteesta.

Iridium Satellite LLC on Yhdysvaltalainen yritys, joka tarjoaa satelliittipalveluja. Iridium mahdollistaa puhe-, lyhytsanoma- ja paikannuspalveluita sekä telekopio- ja datapalvelut nopeudella 2,4 kbit/s. Iridium-järjestelmä perustuu 66 LEO (Low Earth Orbit) -satelliittiin. LEO-rata on matala maan kiertorata, jonka korkeus on alle 2000 kilometriä. Matalat kiertoradat eivät ole pysyviä, sillä satelliitin kiertorata määrää myös sen nopeuden. Mitä alempana satelliitti kiertää, sitä nopeammin sen on kierrettävä maapalloa pysyäkseen radallaan. GEO- satelliittien kiertoaika maapallon ympäri on noin 10 kertaa pidempi kuin LEO-satelliittien.[24]

Globalstar-järjestelmässä on 48 LEO-satelliittia 1414 kilometrin korkeudessa. Rakenteeltaan se muistuttaa Iridium-järjestelmää. Toiminnoiltaan Globalstar poikkeaa Iridium-järjestelmästä siinä suhteessa, että Iridium reitittää puhelut satelliittien välityksellä ja se vaatii omat matkapuhelimet. Globalstar toimii sen sijaan suoraan matkapuhelinverkon jatkeena. Globalstar-kolmitaajuuspuhelimella voidaan

muodostaa puhelinyhteys satelliitin kautta, jos GSM-verkkoa ei ole lähettyvillä. Käytännössä Globalstar-järjestelmässä satelliitti toimii tukiasemana, joka on siirretty avaruuteen.[24]

Järjestelmä mahdollistaa puhe-, lyhytsanoma ja paikannuspalvelut sekä telekopio- ja datapalvelut nopeudella 9,6 kbit/s.

Satelliitit käyvät pohjoisimmillaan 52. leveyspiirillä. Peittoalue on 70. eteläisen ja 70. pohjoisen leveyspiirin sisällä. Globalstar Northern Europe (GNE) on aukaissut testimielessä osa-aikaisen (satelliitin peitto ei ole kokoaikainen 70. leveyspiirin yläpuolella) peittoalueen Barentsin ja Norjan merelle aina 77. pohjoiselle leveyspiirille saakka. Oletettavissa oleva puhepalvelun käytettävyyssraja kulkee noin 74. pohjoisella leveyspiirillä. Tämän alueen yläpuolella satelliitin yhteysaika on liian lyhyt äänipuheluiden tekemiseen.[41]

Satelliittiyhteyksien suosio on kasvanut jatkuvasti erityisesti VSAT -tekniikan ansiosta. VSAT-lautasantennin koko on lähteestä riippuen 30 cm – 3,8 metriä (24, 105]. Käytettävä taajuus vaikuttaa myös antennin kokoon. VSAT antennia löytyy taajuusalueilta C (3-7 GHz), Ku (10 -181 GHz) ja Ka (18 – 31 GHz).[6]

VSAT:n suosion myötä on kehitetty yhä pienempiä antennirakenteita kiinnitettäväksi rakennusten seinille, katoille ja parvekkeille.[6] Näiden USAT (Ultra Small Aperture Terminal) antennien [105] halkaisija on selvästi alle metrin.

VSAT-tekniikalla voidaan muodostaa useita verkkotopologioita eri käyttötarkoituksiin. Esimerkkeinä voidaan mainita Internet-yhteyksien muodostaminen, etäopetus, puheyhteyksien muodostaminen, yritysten sisäisten tiedonsiirtoyhteyksien (pankit, kauppaketjut) toteuttaminen ja telelääketieteen yhteyksien mahdollistaminen.

Keskeinen ero BGUN ja VSAT -järjestelmällä on siinä, että vain VSAT-järjestelmällä voidaan muodostaa Internetistä riippumattomia, point-to-point-yhteyksiä. BGUN tukeutuu aina Internetiin, joten yhteyden jommankumman osapuolen on oltava liittynyt siihen.

Satelliittiyhteyksiä suunniteltaessa ja käytettäessä on huomioitava mahdollinen viive, joka syntyy radioaallon edetessä satelliittiin ja takaisin. 72000 kilometrin matkaan

kuluu aikaa noin 240 millisekuntia. Aika ei ole pitkä, mutta ihmiskorvaan 100 millisekunnin viive alkaa tuntua kiusalliselta. Tiedonsiirtotekniikan kannalta viive voi aiheuttaa synkronoinnin menetyksiä ja mahdollisesti vaikeuttaa Internet-verkkoon pääsyä. Jälkimmäiseen ongelmaan on kehitetty erilaisia ratkaisuja, joista enemmän lähteessä [49]

Markkinoilla on usean valmistajan VSAT-laitteita, joilla esimerkiksi katastrofialueen kenttälääkinnän tiedonsiirtoyhteydet voidaan toteuttaa. Liitteessä 11 on esitelty yksi tällainen laite.

Satelliittipuhelinjärjestelmät eivät ole menettäneet merkitystään, vaikka matkapuhelinverkot ovat kehittyneet nopeammin kuin satelliittipuhelinjärjestelmien kehittäjät aikoinaan aavistelivat. Puheen lisäksi satelliittipohjainen datansiirto on tullut yhä käyttökelpoisemmaksi ratkaisuksi. Laajakaistainen, globaali verkkoyhteys kiinnostaa kaupallisessa mielessä satelliittioperaattoreita ja laitevalmistajia. Kaupalliselta puolelta Inmarsat on tästä hyvä esimerkki, sillä yhtiö uskoo BGAN-laitteiden kaappaavan 1-2 prosenttia mobiililaajakaistan markkinoista. BGAN-yrittäjät eivät yritäkään kilpailla WIMAX:n ja muiden uusien tekniikoiden kanssa, sillä totuus lienee se, etteivät langattomat verkot ulotu kaikkialle. Silloin BGAN-yhteys voi olla ainoa mahdollisuus päästä kiinni verkkoon.[75]

Sotilaskäytössä satelliittipohjaiset tiedonsiirtoratkaisut tulevat saamaan yhä suurempaa merkitystä taistelutilan tyhjentymisen ja joukkojen liikkuvuusvaatimusten kasvaessa. Satelliitit ovat käyttökelpoinen ratkaisu BLOS/NLOS (Beyond Line Of Sight/Non-Line Of Sight) -yhteyksien toteuttamiseksi.

Satelliittiyhteyksien ja päätelaitteiden hinnat rajoittavat käyttäjämääriä. Päätelaitteet maksavat muutamista sadoista euroista tuhansiin euroihin. Satelliittiyhteyksien kuukausivuokrat vaihtelevat yhteystyyppin (Internet, point-to-point), kapasiteetin, toiminta-alueen, operaattorin ja käytetyn taajuusalueen mukaan. Esimerkiksi 2 Mbit/s, point-to-point-satelliittiyhteys maksaa 12000 – 25000€ kuukaudessa. 2M/512 nopeudella toimiva satelliittipohjainen Internet-yhteys, jolle taataan 10 % kapasiteetti, maksaa noin 2000€ kuukaudessa.[115]

Puolustusvoimilla on runsaasti kokemusta satelliittiyhteyksien toteuttamisesta kansainvälisiin operaatioihin. Puolustusvoimat ja Sonera ovat olleet yhteistyökumppaneita yli 10 vuoden ajan rauhanturvakohteiden satelliittiperusteisten tietoliikennetarkkaisuun toteuttamisessa ja operoinnissa. Keskeistä toteutuksessa on ollut satelliittiyhteys Suomen ja kohteen välillä. 2 Mbit/s point-to-point-yhteydet on toteutettu mm. Bosniaan ja Kosovoan. Yhteyden kautta toteutetaan varsinaisia palveluja, jotka ovat puolustusvoimien omia toteutuksia tai vaihtoehtoisesti Soneran tarjoamia.[95]

7.4 Paikannusjärjestelmät

Paikka- ja sijaintitiedon hyödyntämiselle löytyy jatkuvasti uusia käyttökohteita. Sotilaskäytössä kyseeseen tulee erityisesti maaliin hakeutuvat ammukset, joukkojen seuranta ja navigoinnin apusovellukset. Paikannusmenetelmiä ovat satelliittipaikannus, verkkopaikannus sekä lähipaikannus [51].

Satelliittipaikannusmenetelmiä ovat GPS, GALILEO ja GLONASS. GPS on Yhdysvaltain puolustushallinnon ylläpitämä maata kiertävien satelliittien järjestelmä. Järjestelmä koostuu 24 satelliitista, jotka sijaitsevat 20200 km korkeudella [24]. GALILEO on eurooppalainen ja GLONASS Venäläinen vastine Yhdysvaltain järjestelmälle. GALILEO-järjestelmän tavoitteena on yhteensopivuus GPS:n kanssa. GALILEO sisältää myös avoimia, ilmaisia palveluita, kaupallisia palveluita sekä viranomais- ja sotilaspalveluja

Paikan määrittäminen perustuu satelliitin lähettämän signaalin etenemisviiveeseen. Kaikki GPS-satelliitit ovat synkronoitu siten, että sanomat lähtevät samalla hetkellä. GPS-vastaanottimelle signaalit saapuvat eri aikaan riippuen vastaanottimen etäisyydestä lähetettävään satelliittiin.[24]

Kun tiedetään aika, jonka signaali viettää matkallaan satelliitista GPS-vastaanottimeen, sekä signaalin lähettäneen satelliitin paikka, voidaan kohteen sijainti laskea suhteessa kyseiseen satelliittiin. Kun paikannukseen käytettävän vastaanottimen tavoitettavissa on useita satelliitteja, voidaan samanaikaisten etäisyyksimittauksien avulla määrittää mittauspisteen sijainti. Radiosignaalin taajuussiirtymästä (Doppler-siirtymä) voidaan laskea lähettäjän ja vastaanottajan nopeus toistensa suhteen.

Verkkopaikannus perustuu matkaviestin- tai kenttäviestiverkkojen tukiasemien avulla tapahtuvaan paikannukseen. Verkkopaikannusmenetelmiä ovat solu-, tulokulma-, saapumisaika- ja kulkuaikaeropaikannus.

Lähipaikannuksella tarkoitetaan vain tietyllä rajatulla alueella toimivaa paikannusta, joka perustuu lyhyen kantaman signaalien välitykseen. Rajattuna alueena on esimerkiksi sairaala, lentokenttä tai yksittäinen rakennus. Lähipaikannusmenetelmiä ovat lähiverkkopaikannus, Bluetooth-paikannus sekä etätunnistinpaiikannus (RFID-tekniikka).

Kohteen sijaintitieto voidaan lähettää langattomien verkkojen (matkapuhelinverkot, VIRVE) välityksellä paikannuspalvelimen tietokantaan, josta tieto on siirrettävissä esimerkiksi kartalle.

7.5 Rajapintojen toteuttaminen

Suuri osa aktiivisesti ja laajassa käytössä olevista tietoliikennepalveluista hyödyntää tänä päivänä omaa, kyseiselle palvelulle suunniteltua ja optimoitua tietoliikenneinfrastruktuuria (niin sanottu vertikaalinen integraatio). Nämä tietoliikenneinfrastruktuurit ovat vähintään loogisesti erillisiä (esimerkiksi kiinteiden puhelinverkkojen puhelin- ja laajakaistaiset datapalvelut), mutta vielä hyvin usein myös fyysisesti täysin erillisiä (esimerkiksi puhelinverkkoja ja maanpäällinen TV-lähetysverkko). Aivan viimeaikoina fyysisen verkon osalta on jonkinlaista yhdentymistä (konvergoitumista) ollut havaittavissa, mutta loogisesti eri verkkoja hallitaan vielä laajalti täysin erillisinä eikä eri palveluita ole saatavissa yhden ja saman fyysisen yhteyden avulla.[98]

Eri järjestelmät ja verkot yhdistetään toisiinsa rajapintojen välityksellä. Rajapintojen toteuttaminen on usein teknisesti erittäin vaativaa ja edellyttää huomattavaa ammattitaitoa. Rajapintojen muodostaminen edellyttää sekä fyysistä kytkentää että ohjelmistoon liittyviä parametrimuutoksia. Useimmiten tarvitaan vielä jokin välilappale, joka kytketään järjestelmien väliin.

Yksi laite rajapintojen muodostamiseen on Raytheonin ACU-tuoteperhe. Tuoteperhe on rajapintasovitin ja ristikytkentälaitte eri järjestelmien ja verkkojen välillä. Sen avulla kyetään kytkemään radioverkkoja toisiinsa, radioverkkoja kiinteään puhelinverkkoon

tai satelliittijärjestelmiin tai jopa luomaan neuvottelupuheluita puhelin ja radioverkkotilaajien välillä. Tuoteperheeseen kuuluu tällä hetkellä neljä tuotetta: ACU-2000IP, ACU-1000, ACU-Mobile ja ACU-Tactical. Perusominaisuudet laitteissa ovat samat, mutta koko ja liityntöjen määrä vaihtelee laitteen mukaan. ACU-2000IP on tuotteista uusin.

Liitteessä 12 on havainnollistettu ACU-1000 -laitteen toimintaa. ACU-1000 toimii vaihteena radioverkkojen sekä radioverkon ja puhelinverkon välillä. Järjestelmään sisältyy satelliittiyhteys, kaksi kiinteän verkon puhelinliittymää, matkapuhelin, VHF-, UHF- ja HF-radio. Jokainen käyttäjä voidaan kytkeä minkä tahansa käyttäjän kanssa. Malliin ACU-1000 on mahdollista kytkeä 12 liityntämoduulia ja siten 12 rajapintaa. Laite kykenee muodostamaan 7 ristikytkentää kerrallaan.[139]

8 VIESTINTÄARKKITEHTUURIN TEKINEN TOTEUTTAMINEN

“Bit-rates can help save lives”

Luvun 6 mukaan kenttälääkinnän viestintäarkkitehtuuri jaettiin kuuteen verkkoon: keho-, piko-, paikallis-, alue-, runko- ja lisäverkot. Tässä luvussa esitetään näiden verkkojen toteuttamiseen tarvittavat laitejärjestelyt kolmen hoitopisteen osalta. Hoitopisteet ovat evakuointiajoneuvo, ensihoitokeskus sekä kansainväliseen toimintaan soveltuva ”kriisikontti”.

Arkkitehtuurin toteuttamisen keskeisimmät lähtökohdat ovat modulaarisuus, moniverkottuminen, yhteensopivuus, COTS-tuotteet, IP-pohjainen tiedonsiirto, langattomuus sekä digitaalinen hoitotietoketju (tietojen sähköinen kerääminen, taltiointi ja siirto läpi hoitoketjun).

Modulaarisuudella tarkoitetaan sitä, että toteuttamisratkaisut ovat muutettavissa tarpeen mukaan. Palveluiden toteuttamiseksi tarvittavat laiteratkaisut on joustavasti liitettävissä viestintäarkkitehtuuriin. Kyseeseen voi tulla kokonaan uudet palvelut tai uuden tyyppinen siirtotieratkaisu. Modulaarisuus liittyy siten myös moniverkottumiseen ja yhteensopivuuteen. Yhteensopivuutta tukee IP-pohjaiset ratkaisut.

Kaupallisten tiedonsiirtoteknologioiden voimakas tunkeutuminen sotilaallisiin sovelluksiin alkoi käytännössä vasta 1990-luvulla. Tällä hetkellä kaupallista

teknologiaa käytetään lähes kaikissa sotilaalliseen tietoliikenteen sovelluksissa. Kaupallisissa ja sotilasteknologioissa on kuitenkin merkittäviä eroja. Kaupallisten tuotteiden etuja ovat edullinen hankinta- ja ylläpito hinta, tuotetuen saatavuus ja kustannustehokkuus, yhteensopivuus muiden laitevalmistajien tuotteiden kanssa sekä lyhyet kehitysjaksot ideasta tuotteeksi. Heikkouksina voidaan mainita tuotteiden lyhyet elinjakso ja siihen liittyvä tuotetuki, aaltomuotojen suhteellisen heikko häiriönkesto ja helppo havaittavuus, tietoturvaominaisuudet sekä fyysisten olosuhteiden kesto.[12]

Kaupallisen teknologian kehitys kulkee kuitenkin tällä hetkellä yhä voimakkaammin kohti sovelluksia, joiden sotilaalliset mahdollisuudet vaikuttavat erittäin lupaavilta. Esimerkkinä tästä mainittakoon Yhdysvaltain satelliittiyhteyksiin ja COTS-tuotteisiin pohjautuva kenttäviestijärjestelmä Joint Network Node (JNN) [58]. Kaupallisuuden mukana käytetty teknologia on kaikkien saatavilla, joka toisaalta on uhka, mutta toisaalta myös mahdollisuus esimerkiksi monikansallisissa operaatioissa. Keskeiseksi ominaisuudeksi tulee myös kyky kaupallisten teknologioiden hyödyntämiseen siten, että kaupalliset ja sotilaskäyttöön tarkoitetut teknologiat konvergoituvat päätelaitteissa mahdollistaen tarvittaessa saumattoman toiminnan eri verkkojen välillä. Tästä johtuen alla esitetyissä laiteratkaisuissa on käytetty huomattavan paljon COTS-tuotteita. Niitä on kuitenkin tarvittaessa vahvistettava, ruggeroitava, käyttöolosuhteita paremmin vastaaviksi.

Langattomien järjestelmien käyttöä sairaalaympäristössä on tutkittu hyvinkin paljon. Tällä hetkellä on kehitteillä strategia terveydenhuollon langattomien järjestelmien toteuttamiseksi. Sen keskeisiä elementtejä ovat langattomat järjestelmät hoitoprosessien kehittämisessä, ubiikkien terveyspalvelujen saatavuus sekä Ad-Hoc-verkot terveydenhuollon sovelluksissa.[2]

Suomessa on käynnissä Wilho-hanke (Wireless Hospital), jota markkinoidaan myös kansainvälisesti [88]. Se on osa terveydenhuollon FinnWell teknologiaohjelmaa 2004-2009. FinnWell on yksi TEKES:n kaikkien aikojen laajimmista teknologiaohjelmista [32]. TEKES:n FinnWell-ohjelmaan on perustettu langattomuuden aiheryhmä, jonka tarkoituksena on edistää langatonta terveydenhuollon teknologiaa kehittävien projektien yhteistyötä.

Langattoman sairaalan konseptin varsinainen tuote on langaton järjestelmä, johon sairaala voi liittyä omilla tietojärjestelmillään. Järjestelmä tallentaa tapahtumien paikka- ja aikatietoa sekä henkilö- ja mittaustietoa. Järjestelmään voidaan liittää kokonaan uusia langattomuuteen ja paikannukseen perustuvia sovelluksia. Langaton verkko tarjoaa mahdollisuuden operoida sairaalan prosessien eri vaiheissa ja eri osaprosesseissa ilman että tiedonsiirtoon tarvitsee investoida erillistä kaapelointia.[33]

Hankkeessa tutkitaan ja kehitetään useita langattoman tiedonsiirron teknologioita, joita ovat muun muassa RFID, Bluetooth, WLAN, UWB, CDMA ja Zigbee. Osa teknologioista ei ole vielä edes teollisessa käytössä. Esimerkiksi UWB-tiedonsiirron tarvitsemat ensimmäiset mikropiirit on valmistettu USA:ssa äskettäin.[35]

8.1 Evakuointiajoneuvon viestintäjärjestelmät

Digitaalinen hoitotietoketju alkaa henkilöiden terveydentilaan liittyvien historiatietojen syöttämisestä hoitopisteiden tietokantoihin ja lääkintähenkilöstön päätelaitteisiin. Sieltä tiedot ovat käytettävissä kentällä tapahtuvissa hoitotoimenpiteissä. Lisäksi päätelaitteista löytyy sähköiset lääkintätietokannat sekä päivitetyt hoito-ohjeet ja -suositukset.

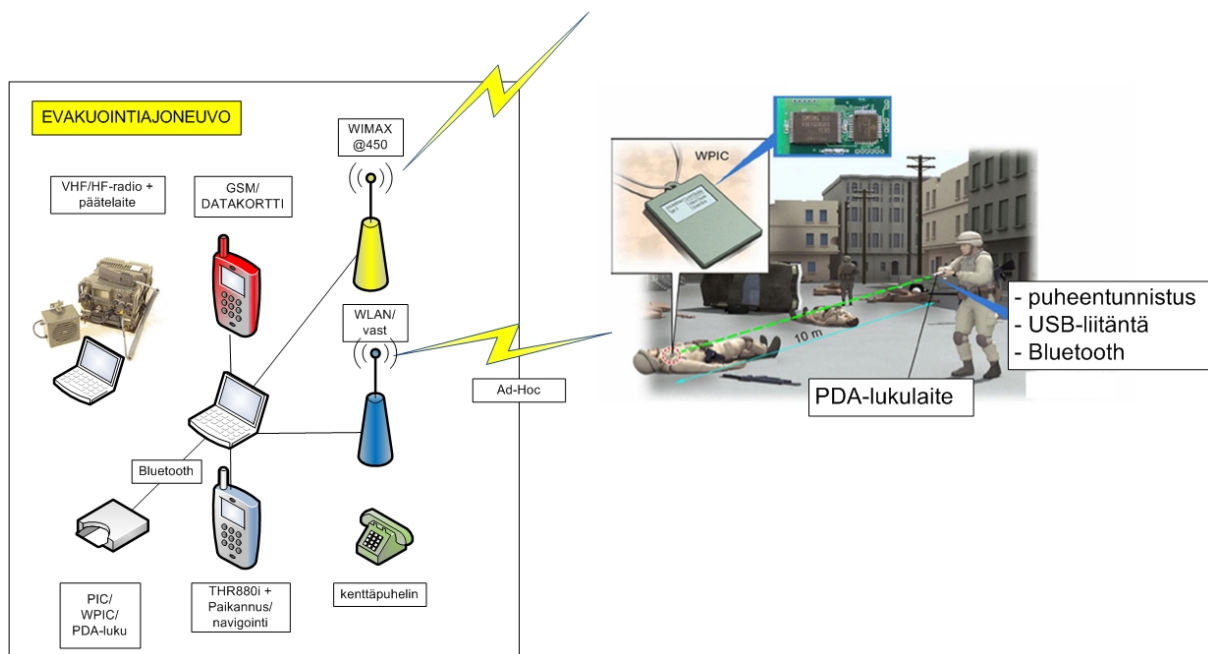
Evakuointiajoneuvoilla on ratkaiseva merkitys kenttälääkinnän onnistumisen kannalta. Evakuointiajoneuvoissa on oltava järjestelmä, joka mahdollistaa johtamisen, paikannuksen, potilaan hoidon sekä potilaaseen liittyvän hoitotiedon välittämisen eri hoitopisteisiin.

Evakuointiajoneuvoja joudutaan käyttämään huomattavasti ennen alueellisten verkkojen aktivointia. Evakuointiajoneuvot liikkuvat myös alueellisten verkkojen kantaman ulkopuolella, joten pelkästään kenttäviestijärjestelmään tukeutuminen ei ole mahdollista. Tästä johtuen evakuointiajoneuvojen on kyettävä toimimaan kaikissa kenttälääkinnän viestintäarkkitehtuurin verkoissa. Samalla mahdollistetaan yhteistoiminta muiden viranomaisten kanssa.

Joustavuus edellyttää päätelaitteilta saumatonta verkottumista. Päätelaitteen on kyettävä hyödyntämään kaikkia saatavilla olevia verkkoratkaisuja, jotka vaihtelevat toiminta-alueittain. Tämä on askel kohti ubiikkia verkottumista. Aluksi tämä saattaa tapahtua hieman kömpelösti, jopa radiolaitetta vaihtamalla, jos moniverkkoihin

kykeneviä lähettämiä ei ole käytettävissä. Kehitys on kuitenkin kulkemassa moniverkottuneisiin [98] radiolaitteisiin (ohjelmistoradio).

Kuvassa 30 on havainnollistettu evakuointiajoneuvon viestilaitteita. Laitteilla evakuointiajoneuvo kykenee hyödyntämään kenttälääkinnän viestintäarkkitehtuurin sekä langallisia että langattomia palveluita, joista tärkeimpiä ovat digitaalinen hoitotietoketju, konsultointimahdollisuus sekä paikannus ja navigointi.



KUVA 30: Evakuointiajoneuvon telelääketieteen välineet

Potilaan tiedot luetaan sähköisestä tuntolevystä (PIC) PDA-laitteeseen (käytetään myös nimitystä Medical Digital Assistant) PAN-verkon välityksellä. Langaton lukeminen helpottaa lääkintämiehen toimintaa, sillä lääkintämiehen ei tarvitse etsiä tuntolevyä potilaan varusteista vaan lukeminen voi tapahtua yli 10 metrin etäisyydeltä. Lääkintämiehen suorittamat hoitotoimenpiteet kirjataan potilaan sähköiseen tuntolevyyn samalla tavalla.

PDA-laite muodostaa Ad-Hoc-yhteyden evakuointiajoneuvoon joko PAN- tai LAN-verkon kautta. PDA-laitteen tiedot synkronoidaan evakuointiajoneuvon palvelimen kanssa, jolloin PDA-laitteen tiedot saadaan varmennettua. Kuljetuksen aikana potilaan elintoimintoja valvotaan kehoverkon välityksellä. Suoritetut mittaukset kirjataan potilaan sähköiseen tuntolevyyn sekä evakuointiajoneuvon palvelimelle PAN-verkon välityksellä.

Evakuointiajoneuvosta tiedot lähetetään alue-, runko- ja lisäverkkoja hyödyntäen tulevaan hoitopisteeseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta hoitopisteelle jää aikaa valmistautua evakuointiajoneuvon saapumiseen. Hoitopisteen alueelle saavuttua evakuointiajoneuvo liittyy hoitopisteen paikallisverkkoon, jonka kautta synkronoidaan evakuointiajoneuvon palvelin hoitopisteen palvelimen kanssa. Näin evakuointiajoneuvon tiedot saadaan varmennettua.

Puhepalvelut toteutetaan joko kenttäpuhelimella, kenttäradiolla, matkapuhelimella tai TETRA-päätelaitteella. Datansiirrossa matkapuhelin voidaan korvata PC:n asennettavalla tietoliikennekortilla, joka kykenee hyödyntämään GPRS, EDGE, 3G sekä HSDPA-yhteyksiä.

Paikannukseen voidaan käyttää TETRA-päätelaitetta, joka yhdessä karttasovelluksen kanssa soveltuu myös navigointiin.

VHF-radion ja päätelaitteen avulla evakuointiajoneuvo kykenee hyödyntämään alueverkkojen (kenttäviestijärjestelmät) palveluita. Toistaiseksi alueverkot soveltuvat parhaiten puheen ja lyhyiden tekstimuotoisten sanomien välittämiseen, mutta lähitulevaisuudessa siirtonopeuksien voidaan olettaa kasvavan ja IP-liikenteen olevan mahdollista kymmenien kilobittien siirtonopeudella.

Virtalähdehuolto on keskeinen asia kun päätelaitteiden määrä kasvaa. Evakuointiajoneuvossa on oltava latausmahdollisuus kaikille lääkintähenkilöstön käytössä oleville päätelaitteille.

8.2 Ensihoitokeskuksen viestintäjärjestelmät

Liitteessä 13 on esitetty ensihoitokeskuksen ja liitteessä 14 "kriisikontin" viestijärjestelyt. Kriisikontti on käytettävissä pienillä muutoksilla myös ensihoitokeskuksen yhteyksien toteuttamiseen.

Laiteratkaisut ovat toteutettu hieman toisistaan poikkeavilla tekniikoilla, lähinnä ulkoisten yhteyksien osalta. Hoitopisteisiin on pyritty aikaansaamaan varsin kattava viestivälineistö verkottumisen tueksi. Ratkaisut ovat modulaarisia, joten laitemoduuleja on mahdollista poistaa, vaihtaa ja yhdistää tarpeen mukaan hoitopisteitä muodostettaessa.

Ensihoitokeskuksen sisäiset yhteydet rakennetaan liityntälaitteen ympärille. Puheyhteydet toteutetaan DECT-järjestelmällä ja liityntälaitteen langallisilla VoIP-yhteyksillä. DECT-järjestelmä on erittäin joustava ja sen palvelut ovat muokattavissa hoitopistekohtaisesti. Datansiirtoyhteydet toteutetaan WLAN-tekniikalla koko hoitopisteen alueella.

Ulkoiset yhteydet toteutetaan liittymällä kenttäviestijärjestelmään kaapelilla tai radiolla. Liityntälaitteet yhdistetään ITVJ:n kautta. Liityntälaitteen kautta on mahdollista tuoda Internet-yhteys, joten erilliselle liittymälle ei välttämättä ole tarvetta.

Näkemykseni mukaan viestilaitteiden sijoittamista ensihoitokeskuksen tiloihin tulee välttää. Laitteet eivät välttämättä vie suurta tilaa, mutta käytännön kannalta olisi selkeämpää, mikäli laitteet sijoitetaan omaan viestitilaan. Viestitilaksi soveltuu hyvin ensihoitokeskuksen yhteyteen pystytettävä teltta, perävaunu tai kontti. Viestitilassa sijaitsee pääosa viesti- ja johtamislaitteista sekä päivystyspiste.

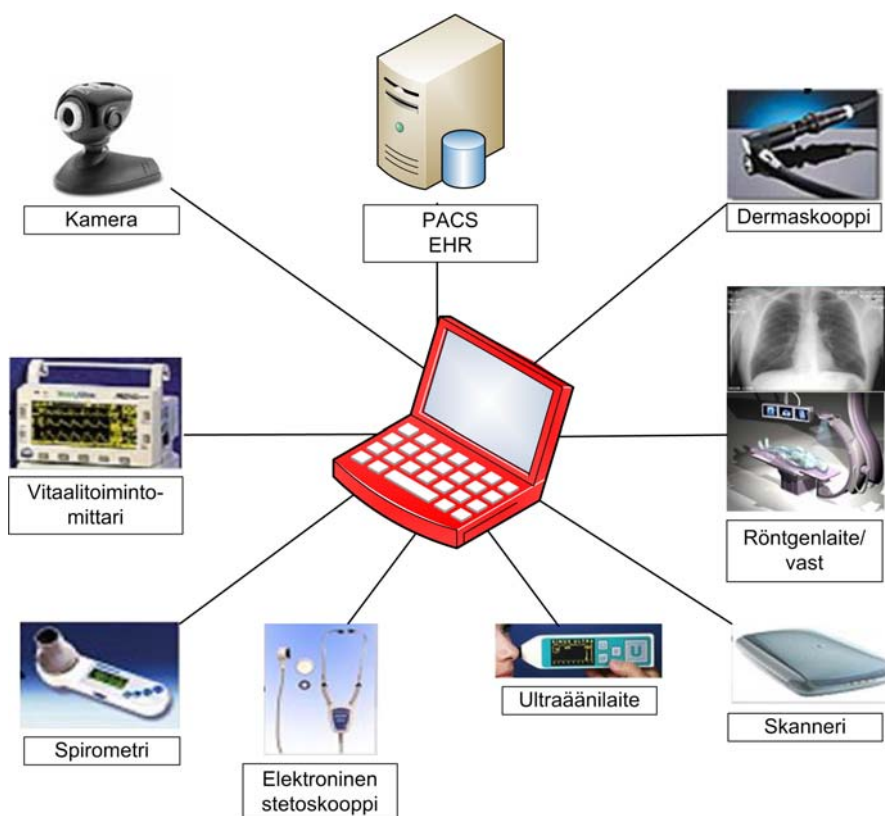
Ensihoitokeskuksen tilat on suunniteltu lääkinnällisiin tarkoituksiin. Kriisin aikana siellä ei ole tilaa ylimääräisille henkilöille eikä tavaroille. Ainoastaan välttämättömimmät viestivälineet ja työasemat voidaan sijoittaa teltan sisään. Näitä ovat esimerkiksi hoitotoimenpiteiden kirjaamiseen tarvittavat päätelaitteet ja langattomat lähettimet. Muille laitteille on sääsuoja saatava muualta.

Viestitilan vaatimukset, henkilöstön määrä ja tehtäväkuvaukset pitää muokata kokemusten kautta. Viestihenkilöstön on oltava osa ensihoitokeskusta ja kyettävä toimimaan osana hoitoprosesseja. Viestihenkilöstön toiminnallisia tehtäviä saattavat olla esimerkiksi viestitilannekuvan ylläpito, virtalähtöhuolto, evakuointiajoneuvojen johtaminen, tulevien potilaiden PIC-tietojen kerääminen ja välittäminen seuraavan tason hoitopisteeseen sekä palvelintietojen ylläpito, varmentaminen ja synkronointi evakuointisairaalan kanssa.

Ensihoitokeskuksen sisään rakennettavat yhteydet on pyrittävä toteuttamaan langattomasti. Yhteydet voidaan tarvittaessa toteuttaa kaapeleilla, mutta ensihoitokeskukseen ei ole suunniteltu läpivientejä viestiyhteyksiä varten. Lisäksi ylimääräiset kaapelit ovat kulkueste ensihoitokeskuksen sisätiloissa. Langattomuus myös nopeuttaa sekä purkamista että perustamista. Viestiyhteyksien ollessa

langattomat voidaan viestitellä, ensihoitokeskuksen ulkopuoliset yhteydet sekä itse ensihoitokeskus perustaa samanaikaisesti. Näin on mahdollista päästä kahden tunnin tavoiteaikaan ensihoitokeskuksen perustamisessa.

Kenttätelelääketieteen arkkitehtuurissa telelääketieteen välineet muodostivat yhden osan. Telelääketieteen järjestelmän pitää olla eräänlainen työkalupakki, jonka ominaisuuksia kyetään muuttamaan tilanteen mukaan. Järjestelmässä on oltava, tai siihen on ainakin kyettävä liittämään, mahdollisimman monia telelääketieteen välineitä. Kuvassa 31 on esimerkkinä lähteiden [63, 101] pohjalta muokattu kenttätelelääketieteen hoitopisteen välineistö. Tiedonsiirtoyhteys tutkimusvälineestä tietokoneeseen voidaan muodostaa joko kaapelilla tai langattomasti PAN/LAN-verkkojen välityksellä.



KUVA 31: Kenttätelelääketieteen hoitoasema

Hoitoaseman ytimen muodostaa tietokone, joka toimii samalla rajapintasovittimena. Mahdollisia lääketieteen käyttämiä laitteita, joiden tieto voidaan tallentaa digitaalisesti, ovat esimerkiksi biosignaalianturit, skannerit, ultraääni- ja röntgenlaitteet. Tiedot tallennetaan erillisellä palvelimella sijaitsevaan sähköiseen potilastietojärjestelmään (Electronic Health Record) ja kuva-arkistoon (Picture Archive and Communications System), josta ne ovat muiden hyödynnettävissä.

Lääkärien käytössä on jatkossa entistä enemmän tietoa paitsi hoidettavasta potilaasta (potilastiedot, kuvat, tutkimustiedot), myös päivitettyjä hoitosuosituksia ja tietokoneen laatimia diagnoosiehdotuksia. Sanelujen tilalle tulee puheentunnistus. Lääkäri sanelee diagnoosin ja hoito-ohjeet suoraan tietokoneelle, joka muuttaa puheen tekstiksi. Suppeille erikoisaloille on saatavilla jo nyt puheentunnistusohjelmia, joiden tunnistustarkkuus on yli 95%.[132]

Ensihoitokeskus on sähköistetty 65 kW voimakoneella, joten viestijärjestelmää varten ei tarvita erillistä sähköverkkoa, edellyttäen että tehotarve ei ole kovin suuri. Laitteilla tulee kuitenkin olla akkuvarmennus sähkökatkosten varalta.

8.3 Kansainvälinen ”kriisikontti”

Liitteessä 14 on esitetty ”kriisikontin” viestijärjestelyt. Kuva perustuu osittain kohta prototyyppiasteella olevaan APACC (Advanced Party Airborne Communication and information system Container) -konttiin, jota on suunniteltu käytettäväksi kansainvälisissä operaatioissa etujoukon mukana. Kontin avulla muodostetaan toiminta-alueen viesti- ja johtamisjärjestelmä etujoukon tarpeisiin. Kontteja ei ole suunniteltu pysyviksi, vaan ne pyritään korvaamaan järeämmällä järjestelmällä operaation kehittymisen myötä.[115]

Suomessa on siviilipuolella kehitteillä kansainvälisiin katastrofitilanteisiin varusteltava ensihoitokontti. Kontti varustetaan riittävällä lääkintävälineistöllä sekä viestikalustolla. Vaatimusmäärittelyä kontille on tehnyt mm. Punaisen Ristin henkilöstö. Kontin viestintävaatimuksille ei ole vielä määritetty teknisiä ratkaisuja, mutta ne ovat suunnittelun alla. Tämän kontin vaatimusmäärittelyyn liittyvät tiedot eivät olleet tutkijan käytettävissä yrityssalaisuuksien vuoksi.[131]

Tässä tutkimuksessa käsiteltävä kriisikontti on tarkoitettu yhden hoitopisteen ja sen lähialueen yhteyksien toteuttamiseen. Välineet mahdollistavat yhteistoiminnan alueen muiden toimijoiden kanssa. Tällaisia yhteistoimintaosapuolia ovat ainakin poliisi, palo- ja pelastuslaitos, sotilasorganisaatiot, lääkintähuolto sekä kansainväliset järjestöt. Lisämateriaalilla kriisikontin yhteyksiä voidaan tarvittaessa laajentaa hoitopisteen ulkopuolellekin.

Kontin ydin rakentuu liityntälaitteen ympärille, johon käytännössä kaikki yhteydet kytketään. Liityntälaite mahdollistaa myös verkon laajentamisen kupari- ja

valokaapeleilla sekä mikroaaltolinkeillä, mikäli sille on tarvetta. Yhteydet alueen ulkopuolella toteutetaan satelliitti- ja HF-yhteyksin.

Satelliittiyhteydellä voidaan toteuttaa mm. ISDN-yhteydet videoneuvottelulaitteistoa varten, Internet-yhteys sekä tarvittavat tietojärjestelmäpalvelut toiminta-alueelle. Satelliittiyhteyksiä käytettäessä saattaa hinta muodostua hyvinkin suureksi. Kustannukset perustuvat joko siirrettävän datan määrään tai kiinteään kuukausimaksuun. Yhteyden kapasiteetti määräytyy tarpeen mukaan, mutta 512 kbit/s - 2 Mbit/s voidaan arvioida riittävän oikein hyvin.

Mikäli kriisialueen puhelinverkko on toiminnassa, voidaan paikallinen keskus tai yksittäisiä tilaajaliittymiä kytkeä liityntälaitteeseen. Järjestelmätason (2 Mbit/s) kytkennöille ei liene tarvetta ottaen huomioon kriisikontin käyttötarkoituksen. Hoitopisteen sisäiset puheyhteydet toteutetaan liityntälaitteen kanavointilaitteesta rakennettavilla kaapeliyhteyksillä tai langattomina VoIP-puheluina.

Lähiverkon rakentaminen toteutetaan WLAN- ja Ethernet-tekniikoilla. Pidemmillä välimatkoilla Ethernetin käyttöä on tähän saakka rajoittanut se, että käytettäessä kuparijohdinta kaapelin maksimipituus on voinut olla vain noin 100 metriä ilman signaalinvahvistinta. Viime aikoina markkinoille on tullut ns. LRE (Long Reach Ethernet) -tekniikka, joka mahdollistaa siirtoetäisyyden kasvattamisen 1,5 kilometriin. LRE:n symmetrinen tiedonsiirtonopeus pitkillä etäisyyksillä vaihtelee etäisyyden mukaan 5 - 15 Mbit/s.

WLAN peittoaluetta voidaan parantaa lisäämällä tukiasemia, käyttämällä suunta-antenneja, sijoittamalla antenni esim. 24 metriä korkeaan EXEL-mastoon tai muodostamalla MESH-tyyppinen WLAN-verkko. Näin paikallisverkko kyetään laajentamaan satojen metrien, jopa kilometrien alueelle. Mikäli alueella on toimiva matkapuhelinverkko, voidaan langattoman lähiverkon yhdyskäytävä muodostaa matkapuhelinverkon avulla [26].

Hoitopisteen lähiverkko voidaan jakaa tarvittaessa julkiseen (Internet) ja operatiiviseen (Intranet) verkkoon, mikäli sille on tarvetta. Julkisen verkon kautta toteutetaan Internet-yhteydet ja operatiivisessa verkossa ylläpidetään mm. potilasrekisteriä ja muita lääkintään liittyviä tiedostoja. Lähiverkkoon on mahdollista

kytkeä myös muita lisälaitteita, kuten IP-valvontakameroita ja langattomia liityntäpisteitä. Näiden lisälaitteiden sähkönsyöttö on mahdollista toteuttaa Power over Ethernet (PoE) -tekniikalla.

TETRA-yhteydet toteutetaan joko DMO-yhteyksinä tai sitten TETRA TB3C-tukiaseman välityksellä. Tukiasema mahdollistaa kahden kanta-aallon käytön eli yhteensä 8 aikapaikkaa yhteyksien muodostamiseen. TB3C toimii releasemana tukien kahta puheryhmää. Puheryhmät voidaan määritellä esimerkiksi siten, että toinen on ”julkisessa käytössä” ja toinen ”operatiivisessa” käytössä. Näin mahdollistetaan päätelaitteiden jako myös alueen muille toimijoille.

Mikäli alueella on jonkun toisen toimijan TETRA-verkko, voidaan osa TETRA-päätelaitteista ohjelmoida uudelleen ja liittyä toisen osapuolen verkkoon. On kuitenkin muistettava, että useimmiten yksinkertaiset ratkaisut ovat kaikkein toimivimpia, ja muutaman ylimääräisen TETRA-päätelaitteen varaaminen muille osapuolille jaettavaksi on toteuttamiskelpoisin ratkaisu.

TETRA-keskusten välinen liikenne on tarkkaan standardoitu ja keskusten liittäminen toisiinsa ei ole ongelma. Sen sijaan keskuksen ja tukiaseman välinen liikennöinti on valmistajakohtaista, joten oman tukiaseman liittäminen mahdollisesti alueella olevaan keskukseen ei välttämättä onnistu.

Lähteen [144] mukaan on mahdollista integroida WLAN ja TETRA-verkot. Fyysisesti Tetra Over Wlan (TOW) -päätelaitteena voi toimia mikä tahansa laite, joka kykenee WLAN-yhteyden muodostamiseen (PC, PDA, 2-toiminen TETRA-puhelin, laptop jne). Esimerkiksi TETRA-päätelaitteessa olisi kaksi radiolähetintä, joista toinen mahdollistaisi liittymisen WLAN- ja toinen TETRA-verkkoihin. Verkko voidaan valita esimerkiksi tarvittavan kapasiteetin ja haluttujen palveluiden perusteella.

Yhteensopivuus sekä toiminnallisesti että teknisesti on avain menestykseen toimittaessa kotimaassa eri viranomaisten kesken tai kansainvälisesti eri maiden kesken. Muutamat standardit, kuten TETRA (Suomessa tärkein TETRA -teknologiaa soveltava verkko on VIRVE) ja APCO25 /P25 (USA, muu maailma), ovat yrityksiä standardoida radiopuhelinverkkoja, toimintoja ja liikenneprotokollia. Standardoinnista huolimatta kaikki verkot eivät kuitenkaan ole yhteensopivia. Tästä syystä on lukuisa

määrä erilaisia yhteistoiminnan kannalta vaikeasti hallittavia, vaikeasti saavutettavia ja erillisiä radiopuhelinverkkoja. Tällaisten erillisverkkojen yhteensovittamiseen käytetään ACU-tuoteperheen laitteita.

Kriisikontti ei vastaa pikatilanteisiin, joihin olisi reagoitava välittömästi. Tätä varten kontista on kehitettävä kevyemmin varustettu versio, joka voidaan pakata muutamaa kannettavaa laukkuun ja kuljettaa esimerkiksi matkustajalentokoneessa.



KUVA 32: Viestintäkontti, jota Italian armeija käytti Kosovossa [55]

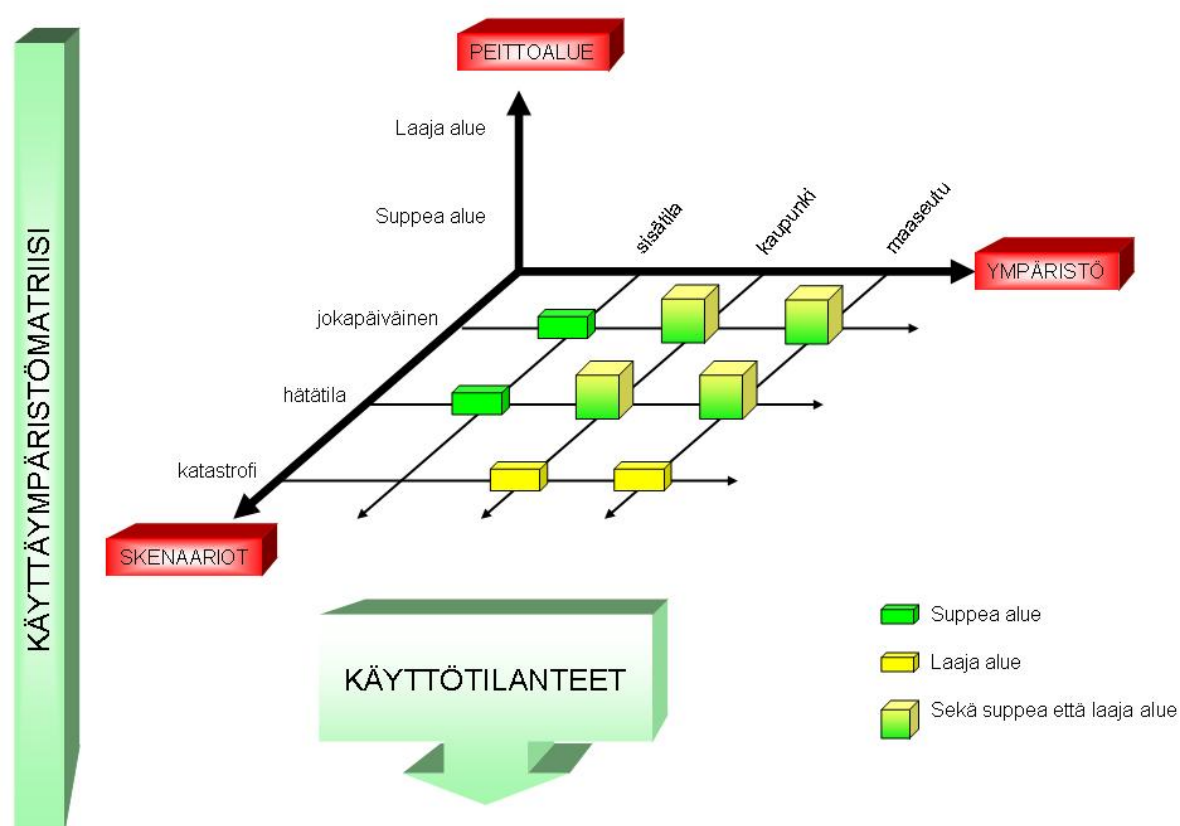
Kenttälääkintä edellyttää huomattavan nopeaa reagointia erityisesti kriisi- ja katastrofitilanteissa. Tilanteet vaihtelevat huomattavasti onnettomuuden laadun, onnettomuusalueen koon ja sijainnin suhteen. Alueelle pääsy saattaa edellyttää erityisjärjestelyitä, jotka vaikuttavat mm. mukaan otettavan materiaalin laatuun ja määrään.

Viestijärjestelmien osalta olisi kehitettävä malli, työkalulaatikko, jolla pyritään aikaansaamaan kuhunkin tilanteeseen sopiva viestijärjestelmä. Työkalulaatikossa olisi modulaarisesti käytettävissä erilaisia tekniikoita, joita otettaisiin käyttöön tapauskohtaisesti. Mallin tulisi huomioida ainakin kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuurin mukaiset alakohdat.

Käyttötilanteiden määrittämisen pohjana voidaan käyttää MESA-projektiin liittyvää matriisia. Projekti MESA on kansainvälinen hanke, jonka tavoitteena on kehittää mobiileja laajakaistatekniikoita erityisesti turvallisuusalan sekä katastrofialueilla

tarvittavien yhteyksien toteuttamiseksi. Tällaisia yhteyksiä ovat esimerkiksi telelääketieteen tarpeet, mobiili robottiteknikka sekä rauhanturvaamistoiminta.[73]

Kuva 33 esittää kenttätelelääketieteen käyttöympäristöatriisia [74]. Matriisi muodostuu kolmesta ulottuvuudesta: peittoalue, skenaariot ja ympäristö. Kuvasta voidaan muodostaa yhteensä 12 toteuttamiskelpoista käyttöympäristöä, joiden pohjalta voidaan luoda käyttötilanteet.



KUVA 33: Kenttätelelääketieteen käyttöympäristöatriisi

Matriisin perusteella voidaan muodostaa toteutusratkaisuja sekä tarvittaessa standardoida telelääketieteen välineistöä ja yhteysvaatimuksia erilaisissa käyttöympäristöissä tapahtuviin käyttötilanteisiin. Käyttötilanteita voivat olla esimerkiksi lentokoneonnettomuudet, terroristipommit, tulivuorenpurkaukset, hurrikaanit ja tulvat. Jokaisella käyttötilanteella on omat erikoispiirteensä. Kaikilla ei kuitenkaan välttämättä ole suoraa vaikutusta tarvittaviin viestiyhteyksiin, mutta esimerkiksi kuljetusvaatimusten, telelääketieteen laitteiden, lääkintätilojen ja

lääkkeiden osalta vaatimukset saattavat olla hyvinkin erilaisia. Kenttätelelääketieteen viestintäratkaisun tulee olla modulaarinen ja hyvin joustava. Modulaarisuudella taataan se, että kutakin tilannetta varten luodaan vain tarvittava viestintäratkaisu.

Näin erilaisia tilanteita varten voitaisiin luoda joko valmiiksi kenttätelelääketieteen perusratkaisu tai ainakin muodostaa tarvittava ratkaisu hyvin nopeasti.

9 ARKKITEHTUURIN MAHDOLLISTAMAT PALVELUT

Kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri muodostaa perustan kenttälääkinnän tietoteknisille palveluille. Tässä luvussa tarkastellaan palveluita, joita viestintäarkkitehtuuri mahdollistaa joko järjestelmänä, tai ainakin toimii palvelun toteuttamiseen tarvittavana tiedonsiirtotienä. Tämä luku tarkoittaa luvussa 8 esitettyjen hoitopisteiden toteuttamisratkaisuja.

9.1 Maavoimien operatiivisten joukkojen valmiusprikaatit ja ITVJ

Alueellinen johtamisjärjestelmäkeskus tarjoaa vastuualueellaan liityntäpisteitä, joihin joukot joko liittyvät omilla järjestelmillään tai niille tarjotaan johtamisjärjestelmäalan palvelut valmiina. Kenttälääkinnässä ainakin ensihoitokeskuksilla ja evakuointisairaaloilla on oltava oma järjestelmä ITVJ:n liittymiseksi.

PVJJK:n tuotanto-osaston käyttötoimiston yhteysupseerit tukevat heille nimettyjen joukkojen ja johtoportaiden toimintaa tuottaja-tilaaja-toimintamallin mukaisesti. Palveluiden käyttäjien tarpeiden täyttäminen suunnitellaan yhteysupseerin ja tuettavan organisaation toimialajohtajan kesken joukkojen komentajien asettamien vaatimusten mukaisesti. Suunnitelmat ulotetaan normaalioloista valmiuden kohottamiseen ja edelleen poikkeusoloihin.[136]

ITVJ:n ja VK (T):n rakentamien yhteyksien lisäksi on käytettävä yleisen viestintäverkon linkkiyhteyksiä ALVI-joukkojen tapaan. Näin säästetään JJK:n resursseja ja 2 Mbit/s-liityntäpisteitä voidaan rakentaa koko toiminta-alueelle. Rauhan ajan operatiivisessa suunnittelussa ja yhteysvarausmenettelyssä on huomioitava myös kenttälääkinnän kasvava tiedonsiirtotarve.

9.2 Viranomaisradioverkon palvelut

VIRVE mahdollistaa ryhmäpuhelut, suojatut yksilöpuhelut, hätäkutsut ja tekstiviestit. Virvessä on myös suorakanavatoiminne sekä datapalvelut.

Ryhmäpuhelu muistuttaa tavanomaista avointa kanavaa. Käyttäjä voi osallistua valitsemaansa ryhmäpuheluun. Järjestelmä huolehtii siitä, että puhua voi vain yksi keskustelija kerrallaan. Verkkoon voidaan tarvittaessa luoda uusia puheryhmiä, jotka ohjelmoidaan päätelaitteisiin automaattisesti langattoman yhteyden avulla.

Yksilöpuhelut mahdollistavat kahdenväliset keskustelut päätelaitteiden kesken, hätäkeskusten ja päätelaitteen välillä tai kahden hätäkeskuksen kesken. VIRVE-käyttäjä voi myös muodostaa puheyhteyden yleiseen televerkkoon.

Päätelaitteessa on hätäpainike, jota painamalla yhteys oletuskohteeseen avautuu. Hätäkutsun oletuskohde on ohjelmoitavissa päätelaitteelle etukäteen.

Suorakanavatoiminne mahdollistaa päätelaitteiden välisen suoran radioyhteyden ilman tukiasemaa. Toiminnetta voidaan hyödyntää, kun halutaan säästää tukiasemakapasiteettia tai kun tukiasema ei ole päätelaitteen tavoitettavissa. Suorakanavatoiminteella päätelaitteen kantama on muutamia kilometrejä.

Lyhyet tilanneilmoitukset voidaan antaa lyhytsanomina, jolloin säästyy aikaa ja verkkokapasiteettia. Lyhytsanomien voivat olla enintään 140 merkkiä päätelaitteesta lähetettäessä.

Uusimmissa VIRVE-päätelaitteissa on GPS (Global Positioning System) -paikannin. GPS:n avulla hätäkeskus, ryhmän jäsenet ja käyttäjä itse pysyvät tarvittaessa keskeytyksettä selvillä käyttäjän sijainnista ja kohteesta. Sijaintitiedot keskukselle voidaan päivittää esimerkiksi lyhytsanomilla.

TETRA-standardi sisältää joukon lisäpalveluita, joita ovat esimerkiksi etuoikeus puhetielle (Priority Call), alta purkava etuoikeus (Pre-Emptive Priority Call), radion taustakuuntelu (Ambience Listening) ja dynaaminen ryhmän ohjelmointi radioon (Dynamic Group Number Assignment) [78].

Etuoikeus puhetielelle mahdollistaa korkeamman etuoikeusluokan puhelujen läpikäymisen verkon ruuhkatilanteissa. Etuoikeusluokkatasoja on yhteensä 10. Korkeammalle etuoikeusluokalla oleva käyttäjä katkaisee alimman etuoikeusluokan puhelun ottaen omaan käyttöön vapautuneen kanavan.

Verkon ohjauspäätteeltä on mahdollista kytkeä radion mikrofoni päälle käyttäjän sitä huomaamatta (Ambience Listening). Tällöin mikrofoniin kantaman piirissä olevat äänet on kuultavissa ohjauspäätteellä.

Dynaaminen ryhmän ohjelmointi tarkoittaa sitä, että puheryhmät voidaan uudelleenohjelmoida langattomasti. Näin voidaan muodostaa tilanteenmukaisia radioverkkoja yhteistoiminnan mahdollistamiseksi.

Lähteessä [107] on tutkittu TETRA-järjestelmän soveltuvuutta sotilaalliseen käyttöön. Lähteen mukaan parhaita ominaisuuksia TETRA-verkoissa sotilaalliselta kannalta tarkasteltuna ovat:

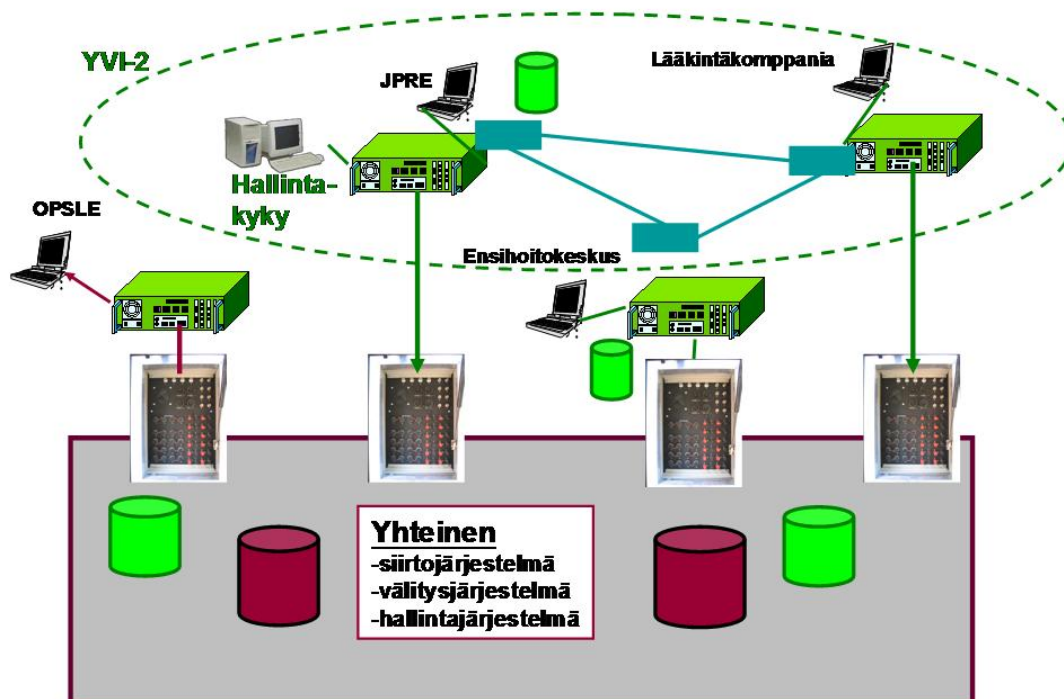
- tehokkaat ja monipuoliset palvelut
- suorakanavatoiminne sekä tukiasemien stand alone -ominaisuudet
- integrointimahdollisuudet ja kansainvälinen yhteensopivuus
- lyhyt yhteydenmuodostumisaika
- mahdollisuus päästä - päähän salaukseen

Lähteessä [107] todetaan, että yleisarviona TETRA-järjestelmä soveltuu erinomaisesti käytettäväksi monen sotilaallisen sovelluksen tiedonsiirtoratkaisuksi. Perus- ja lisäpalvelut tarjoavat monen toiminnan tueksi muita järjestelmiä monipuolisemmat mahdollisuudet. Näitä täydentävät erilaiset datasovellukset, joissa TETRA-järjestelmä toimii vain tiedonsiirtoalustana.

TETRA-järjestelmän todettiin soveltuvan hyvin maanpuolustusalueen tukitoimintojen johtamiseen kriisin aikana. Johdettavia toimintoja olivat kuljetukset, lääkintähuolto, vartiointi ja suojaaminen. Kriisitilanteeksi määriteltiin sekä sota että sitä alempiasteiset kriisit. Tukitoimintojen johtaminen maanpuolustusalueella keskittyy sodan aikana pääasiassa varsinaisen taistelun ulkopuolelle.

Lisäksi TETRA-järjestelmän todettiin soveltuvan hyvin rauhanturvaoperaatioiden toimintojen johtamiseen. Johdettavia toimintoja olivat esimerkiksi joukkojen johtaminen sekä kuljetusten ja lääkintähuollon johtaminen.

9.3 Datansiirtopalvelut kiinteästä viestintäverkosta



KUVA 34: Liityntälaiteverkko

Evakuointisairaalan, Huoltorykmentin ensihoitokeskuksen tai prikaatin lääkintäkomppanian datansiirtotarpeet voidaan toteuttaa liityntälaiteperheen tuotteilla.

Liityntälaite mahdollistaa sekä puhe- että datansiirtopalvelut hoitopisteen toiminta-alueella. Liityntälaiteen rungolle voidaan rakentaa hoitopisteen lähiverkko, sekä kaapeleilla että langattomasti, mikäli sellaiselle on tarvetta. Laite toimii puhelinvaihteena, jolloin kaapelein rakennetut puheyhteydet toimivat, vaikka yhteys muualle olisi katkennut. Puhelinyhteyksiä rakennettaessa on huomioitava kaapelin enimmäispituus, joka voi maksimissaan olla noin kilometrin pituinen. Puhelinyhteydet voidaan toteuttaa myös kenttäviestijärjestelmän asemalta, mikäli sellainen alueella on. Kenttäviestiasema ei ole välttämätön, mikäli jostakin muusta liityntälaitteesta on rajapinta kenttäviestijärjestelmään ja liityntälaitteet ovat kytketty toisiinsa. Puheyhteys kenttäviestijärjestelmään voidaan muodostaa siinä tapauksessa liityntälaiteverkkoa pitkin, kunnes rajapinta kenttäviestijärjestelmään löytyy.

Langattomat tiedonsiirtomenetelmät ovat kehittyneet ja kehittyvät jatkuvasti. GPRS-, EDGE- ja WCDM-tekniikoiden myötä matkapuhelinverkkojen siirtonopeudet lähestyvät kolmea megabittiä sekunnissa. WIMAX ja FLASH-OFDM (Digita @450) mahdollistavat megabittien siirtonopeudet useiden kilometrien etäisyydelle. Liityntälaitteeseen voidaan lisätä langattomia tukiasemakortteja (WLAN, WIMAX, FLASH-OFDM), jolloin kaapelein toteutetut siirtotiet pystytään varmentamaan langattomalla järjestelmällä.

WLAN-verkko mahdollistaa esimerkiksi lehtiö-PC:n avulla kirjattujen hoitotoimenpiteiden siirtämisen suoraan tietokantaan langattoman yhteyden välityksellä, jolloin tiedot eivät jää ajalehtimaan pöydälle. Tiedot ovat myös kaikkien löydettävissä välittömästi taltioinnin jälkeen.

Lähteen [116] mukaan liityntälaitteiden kautta tarjottavia palveluita on alustavasti suunniteltu käytettäväksi esimerkiksi sotilasläänien perustamissa sotilasalueiden esikunnissa sekä perustamiskeskuksissa. Tyypillinen liittymistapa edellä mainituille joukoille on liittyminen yleistä verkkoa hyödyntämällä 2 Mbit/s- tai ADSL-yhteydellä. Yhtenä vaihtoehtona ovat myös langattomat laajakaistaverkot. Julkisen Internet-verkon kautta liittyminen mahdollistaa kuitenkin vain rajoitetut ITVJ-palvelut.

Julkisen verkon kautta voidaan liittää helposti esimerkiksi pieniä yksiköitä, joilla on lyhytaikainen tiedonsiirtotarve ja joille rajoitetut ITVJ-palvelut riittävät. Vastaavaa menettelyä voidaan käyttää myös evakuointisairaalan, huoltorykmentin ensihoitokeskuksen ja prikaatin lääkintäkomppanian yhteyksien toteuttamisessa.

Muita liityntälaitteen mahdollistamia palveluita ovat liityntälaitteiden sisäinen sähköposti, reititinominaisuuteen perustuva IP-pohjainen videoneuvottelu sekä Internet-rajapinta. Reititinominaisuus tarjoaa ratkaisun myös kiinteän viestintäverkon lähiverkkojen laajentamiselle kenttäolosuhteisiin.

Sähköpostia voidaan hyödyntää telelääketieteessä monella tapaa. Sähköposti voidaan käyttää keskusteluvälineenä sekä liitetiedostojen siirtämiseen. Sähköpostia voidaan hyödyntää erityisen hyvin teleradiologiassa, telekardiologiassa, teledermatologiassa ja telepatologiassa. On myös olemassa telelääketiedettä varten

kehitettyjä ohjelmistoja, kuten TeleMedMail. Siinä on vakiopohja, johon tiedot täytetään. Näin varmistetaan se, että kaikki tarvittavat tiedot tulee kirjattua ylös ja lähetettyä asiantuntijalle. Roskapostiaikakautena on siirrytty käyttämään hyvin paljon WEB-pohjaisia telelääketieteen palveluita, joka tarjoaa samat mahdollisuudet kuin sähköpostikin, mutta toteutettuna erilaisella tekniikalla. Esimerkkinä tästä on iPath-ohjelmisto.[14]

Lähitulevaisuudessa kenttäradiot mahdollistavat IP-pohjaisen datansiirron. IP-protokollan käyttäminen taistelukentällä on mahdollista jopa yksittäisen taistelijan tai ajoneuvon tasalla asti. Se on kuitenkin hyvin haastavaa, koska tiedonsiirtonopeudet ovat suhteellisen hitaita. Parhaimmillaan siirtonopeudet tulevat olemaan muutamia kymmeniä kilobittejä sekunnissa. IP-protokolla ei ole itseisarvo, eikä paranna järjestelmän taistelukestävyyttä, mutta sen avulla järjestelmän liittäminen mihin tahansa IP-protokollaa käyttävään muuhun järjestelmään on yksinkertaista.

Radioilla toimittaessa tulee käyttää MIL-STD-188-220C-protokollaa. Protokolla on hyvin dokumentoitu, joten sen toteuttaminen ohjelmallisesti tietokoneeseen on mahdollista. Radioita varten tulee kehittää yleiskäyttöinen yksinkertainen adapteri, jolla mikä tahansa digitaalinen tai analoginen radio voidaan liittää järjestelmään. Laitteen toteuttaminen on jopa välttämätöntä, jotta analogisia radioita ylipäättään voidaan käyttää tiedonsiirtoon. Myös digitaalisten radioiden liittäminen järjestelmään helpottuu vakioitujen liitännälaitteen ansiosta.[28]

Liityntälaitteen tarjoamat palvelut yhdessä kenttäviestijärjestelmän palveluiden kanssa mahdollistavat lääkintäjoukkojen tehokkaan johtamisen ja tiedonsiirron sekä ennen taistelujen alkua että taistelujen aikana. Taistelujen alettua kiinteän viestintäverkon siirtotiet vaurioituvat ja yhteydet ylempiin johtoportaisiin katkeavat jossakin vaiheessa. Liityntälaitteen palveluita voidaan kuitenkin käyttää hyvin pitkään, kun huomioidaan langattomat siirtotievaihtoehdot, ALVI-joukkojen perustamat tukiasemat ja liityntälaitteen paikalliskäyttö.

Sähköinen potilastietojärjestelmä tulisi sijaista ITVJ:n palvelinhotelleissa, josta muodostettaisiin rajapinnat yleiseen terveydenhuoltoon. Kenttälääkinnän käytössä on oltava yksittäisiä (stand-alone) asemia, jotka kykenevät toimimaan ilman yhteyttä

ITVJ-järjestelmän palveluihin. Työasemat synkronoidaan palvelinhotellien tietokantojen kanssa määräajoin.

9.4 Potilasmonitorointijärjestelmä

9.4.1 Yleistä

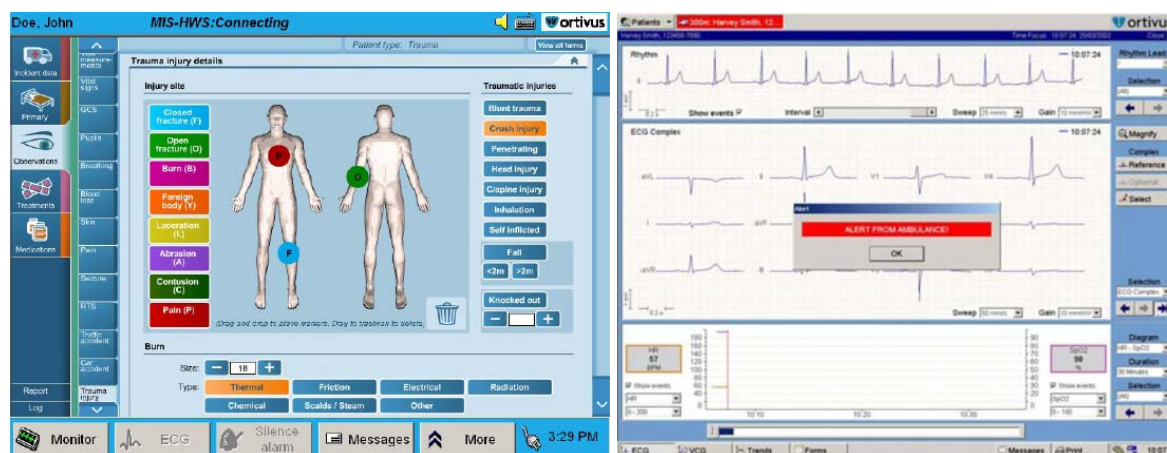
Potilasmonitorointijärjestelmä on Ortivus AB:n valmistama, lääkintäalalla käytetty potilastiedonkeruu-, taltiointi- ja viestintäjärjestelmä, jota käytetään ensihoidon apuvälineenä hätätapauksissa. Järjestelmä on maailmanlaajuisesti käytössä. Suomessa sitä kokeillaan tällä hetkellä Lapin sairaanhoitopiirissä 15 sairaalassa. Lisäksi puolustusvoimilla on muutamia laitteita kokeilukäytössä.

Järjestelmä muodostuu kolmesta osatekijästä; potilasyksikkö, työasema ja palvelin. Potilasyksikkö koostuu mittausanturista sekä tietokoneesta.[129]



KUVA 35: Mobimed-potilasyksikkö

Mittausanturin avulla potilastiedot kerätään ja tiedot lähetetään Bluetooth-yhteydellä tietokoneelle. Antureiden keräämän tiedon lisäksi potilastietoa voidaan täydentää käyttäjän toimenpitein. Potilastietokoneelta tiedot lähetetään sairaalapalvelimelle.



KUVA 36: Mobimed-potilasmonitorointijärjestelmän ominaisuuksia [128]

Tietoja lähetetään joko automaattisesti tietyin väliajoin tai manuaalisesti käyttäjän toimenpitein palvelimelle, josta tiedot luetaan työasemilla. Automaattinen tietojen lähettäminen mahdollistaa potilaan tilan reaaliaikaisen seurannan sairaalassa. Järjestelmä mahdollistaa tiedonsiirron molempiin suuntiin, jolloin lääkintäajoneuvon ja sairaalan välinen konsultaatio on mahdollista [127].

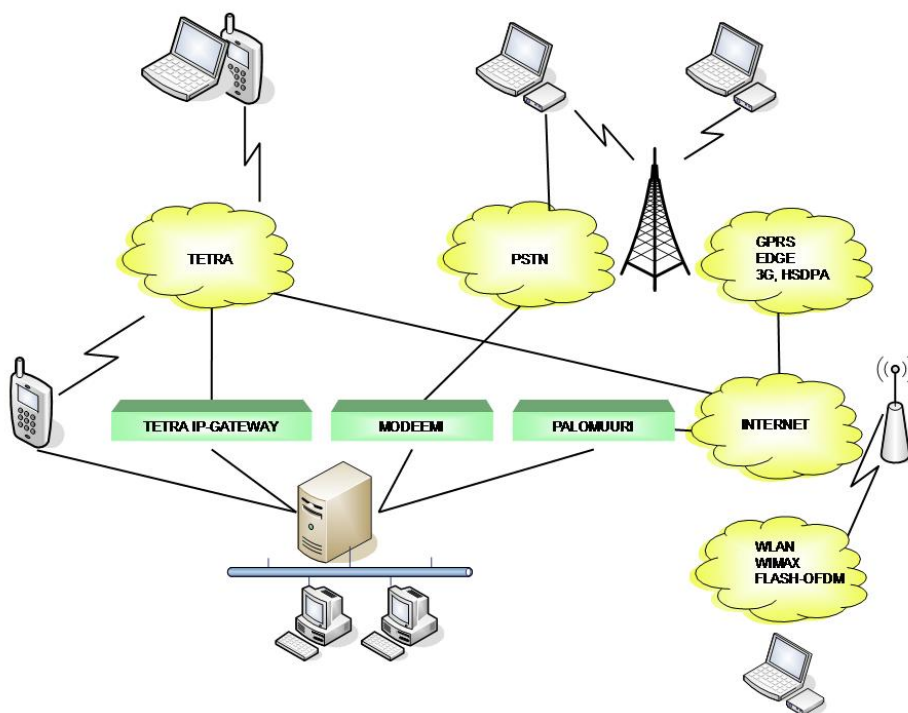
Mobimed-järjestelmän keskimääräinen tiedonsiirtonopeus on noin 80 kilotavua/minuutti käytettäessä automaattista tietojen lähettämistä. Tiedon määrää voidaan pienentää muun muassa vähentämällä EKG (Elektrokardiogrammi) -mittausvälejä sekä lyhentämällä EKG-mittausjaksojen pituutta. Mobimed priorisoi potilastiedon, mikä mahdollistaa tärkeimpien tietojen lähettämisen vaikka yhteys olisi huonokin.

Mobimed järjestelmässä yhden sekunnin mittausjakson EKG-käyrän koko on noin 150 tavua, yksittäinen EKG-käyrä näyte on noin 400 tavua ja yksittäisen hälytys noin 230 tavua [126].

9.4.2 Tiedonsiirtomahdollisuudet

Potilasmonitorointijärjestelmä mahdollistaa sekä piiri- että pakettikytkentäisen ja langallisen tai langattoman tiedonsiirron. Tiedonsiirtovaihtoehdot Mobimed-järjestelmälle ovat kiinteä puhelinverkko, GSM, GPRS, WLAN, TETRA ja Mobitex.[126]

Potilasyksikön PC:tä voidaan käyttää sekä ajoneuvoon telakoituna että ajoneuvosta irrotettuna. Potilasyksikön tietokoneeksi soveltuu mikä tahansa PC. Rajoituksia aiheuttaa enemmänkin käyttöolosuhteet kuin tietokoneelta vaadittavat ominaisuudet.



KUVA 37: Mobimed-järjestelmän tiedonsiirtomahdollisuudet

9.4.3 Digitaalinen kenttäradio

Ilmarajapinta voidaan toteuttaa myös digitaalisella kenttäradiolla. Mikäli potilaspäätteen ohjelmistoon ei haluta tehdä muutoksia pelkästään testikäyttöä varten, voidaan siirtotien toimivuus testata esimerkiksi seuraavalla tavalla.

Potilaspäätteen sarjaportti liitetään toisen PC:n sarjaporttiin. PC:ssä kaksi pyörii välitysohjelmisto, joka lähettää sarjaporttiin tulevan dataviestin sopivasti paketoituna sanomalaitejärjestelmässä eteenpäin.

Dataviestin lähettämiseen käytetään Esikunnan Erikoistietoliikenne (EETI) -järjestelmään sisältyviä tiedonsiirto-ominaisuuksia. EETI:ssä on asiakaskirjasto.dll -tiedosto, joka sisältää tarvittavat funktiot sanomalaitesanomien lähetykseen ja vastaanottoon. EETI pystyy käyttämään siirtotienä lähiverkkoa, sanomalaitetta, YVI-järjestelmää tai digitaalista kenttäradiota.

Toinen vaihtoehto on käyttää potilaspääteen PC:ssä virtuaaliporttina toimivaa välitysohjelmistoa, joka lukee sarjaporttia ja käyttää EETI:ä. Tässä tapauksessa potilaspääteeseen pitää tehdä tämä välitysohjelma, mutta itse Mobimed-sovellukseen ei tarvitse tehdä muutoksia.

Mikäli Mobimed-järjestelmä hyväksytään puolustusvoimien käyttöön, on asiakaskirjasto.dll sovitettava Mobimed-sovellukseen. Tällöin Mobimed-sovellus kutsuu asiakaskirjaston lähetysfunktia, joka lähettää viestin vastaanottajan sanomalaitetunnuksella eteenpäin. Vastaavasti viestin saapuessa asiakaskirjasto.dll kutsuu asiakkaan sovelluksen vastaanottofunktia. Mobimed-sovelluksen ei tarvitse ottaa kantaa, mitä reittiä tai viestivälinettä pitkin sanoma menee perille.

Hankinnassa on huomioitava myös muiden langattomien laajakaistatekniikoiden käyttömahdollisuus (WIMAX, FLASH-OFDM), sillä puolustusvoimat hankkii WIMAX-tukiasemia ALVI-joukkojen käyttöön. WIMAX-tukiasemilla on tarkoitus laajentaa WIMAX-peittoa toiminnan painopistealueilla ja varmentaa liityntälaiteverkkojen yhteyksiä.

LV 241 datansiirtonopeutena voidaan pitää 2400 bit/s, joten viiden sekunnin EKG-käyrä voidaan lähettää kahden sekunnin purskeella, edellyttäen että kaikki lähetettävä tieto on hyötydataa.

Tiedonsiirtonopeus ei ole suuri, mutta esimerkiksi USA on hankkinut maavoimien lääkintäjoukoilleen AN/PCR-138B radioita. AN/PCR-138B on VHF/HF-alueen radio. Radion taajuusalue on 1,6–60 MHz ja lähetysteho 400 W. Radio sisältää sisäisen modeemin (MIL-STD-188-110A), joka mahdollistaa 2400 bit/s datansiirron. Radiojärjestelmä mahdollistaa potilastietojen lähettämisen taistelukentältä. Järjestelmä tukee taistelukentän lääkintähenkilöstöä mahdollistaen konsultoinnin erikoislääkäreiden kanssa.[42]

Taktisten Internet verkkojen kehittyessä voidaan IP-protokollaa käyttävä kenttäradioliittä esimerkiksi liityntälaitteeseen tukiasemaksi. Taktisessa Internetissä radioiden väliset etäisyydet säilyvät lyhyinä, jolloin yhteyden laatu ja tiedonsiirtonopeus kasvavat. Vastaavasti lähetettävien tietojen määrää voidaan kasvattaa siirtokapasiteetin kasvun myötä.

Vaikka monitorointitietojen lähettäminen digitaalisella kenttäradiolla on mahdollista, voidaan sitä pitää viimeisenä vaihtoehtona monitorointitietojen lähettämiseen. Digitaalisten radioiden käyttö ajoittuu joka tapauksessa taistelujen ratkaisuvaiheisiin.

9.5 Videoneuvotteluyhteys

Videoneuvottelulaitteet ovat erinomaisia välineitä telelääketieteessä. Videoneuvottelupäätteet voidaan jakaa esimerkiksi prikaatin lääkintäkomppanialle, huoltorykmentin lääkintäkomppanialle sekä evakuointisairaalaan.

Puolustusvoimilla on kokeilukäytössä Xenex-videoneuvottelujärjestelmä, jonka siirtonopeus on 64 kbit/s–4 Mbit/s riippuen kuvan päivitysnopeudesta – 30 kuvaa sekunnissa edellyttää vähintään 256 kbit/s. Liikennöintistandardi on H.323 v4.3. Käytettävät videostandardit ovat H.261, H.263 ja H.264.[155]

Tiedonsiirtotarpeesta johtuen videoneuvotteluyhteydet vaativat kuitenkin ALVI-joukkojen tai kiinteän viestintäverkon käyttöä, sillä kenttäviestijärjestelmien kapasiteetti ei mahdollista edes huonolaatuisen liikkuvan videokuvan siirtoa. Toisaalta ei ole edes tarpeen pyrkiä järjestämään prikaatin sisäistä, lääkintähuoltoon liittyvää videoneuvottelua.

Videoneuvottelujärjestelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan sen mukaan, mitä siirtotietä videoneuvottelulaite käyttää. Jotkut laitteet sisältävät siirtotien valintamahdollisuuden. ISDN-verkon kehysmäärittely on H.320 ja IP-videoneuvottelun H.323.

Perinteisesti ISDN-verkkoon tukeutuvalla H.320:llä on ollut valta-asema videoneuvottelulaitteissa, mutta käyttökustannuksiltaan ja ominaisuuksiltaan edullisempi H.323 on valtaamassa alaa.

IP-pohjaisten videoneuvottelujärjestelmien yleistymisen yhtenä esteenä ovat organisaatioiden palomuuriratkaisut. Yhteyttä organisaation ulkopuolelta ei yleensä synny, ellei sisäpuolen videoneuvottelulaitteelle ole avattu tätä varten pääsyä palomuurin lävitse. ISDN-pohjaisia H.320-yhteyksiä palomuurit eivät haittaa, koska yhteys rakentuu puhelinverkon kautta.

Videoneuvottelujärjestelmien siirtonopeudet vaihtelevat käytettävän kuvaresoluution, kuvan päivittämisaajuuden ja äänenlaadun mukaan. Lisäksi tiedonsiirtotarpeeseen vaikuttaa neuvottelujärjestelmän käyttötyyppi, joka voi olla joko palvelin pohjainen, ryhmäneuvottelujärjestelmä tai henkilökohtaiseen yhteydenpitoon tarkoitettu.

9.6 Telelääketiede kenttäviestijärjestelmässä

YVI2-kenttäviestijärjestelmä ei mahdollista IP-pohjaista datansiirtoa. Järjestelmä on tehty aikoinaan puheen välittämiseen, joten sen tiedonsiirtokapasiteetti on varsin pieni. Kenttäviestijärjestelmää kehitetään kohti IP-pohjaista tiedonsiirtoa, jolloin IP-pohjainen tiedonsiirto on mahdollista kiinteässä viestintäverkosta alkaen ulottuen jopa yksittäiselle käyttäjälle saakka.

Voidaan arvioida, että tämän päivän matkapuhelintekniikoiden GPRS- siirtonopeudet ovat käytettävissä kenttäviestijärjestelmissä muutamien vuosien kuluessa. Tämän vuoksi kenttäviestijärjestelmien siirtokapasiteetti voidaan hyvin korvata matkapuhelintekniikoilla ja hankkia kokemuksia, kehittää toimintamalleja ja prosesseja ilman kenttäviestijärjestelmää.

10 KOOSTE

Tutkimuksen päämääränä (=päättötutkimuskysymys) oli selvittää, millaisia teknisiä vaatimuksia kenttatelelääketiede edellyttää kenttälääkintäjärjestelmältä ja kuinka kenttatelelääketieteen tarvitsemat yhteydet voidaan toteuttaa?

Tutkimuksen päämäärästä johdetut tutkimuskysymykset olivat:

- Mitä käsite telelääketiede tarkoittaa?
- Millainen on kenttatelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri?
- Kuinka kenttatelelääketieteen tarvitsemat yhteydet voidaan toteuttaa kenttälääkinnän eri tason hoitopisteissä?
- Kuinka liityntälaitteperhettä voidaan hyödyntää ensihoitokeskuksen tiedonsiirtoympäristön muodostamisessa?

Telelääketieteen käsite on monitulkintainen ja sen määritelmä on muuttunut informaatioteknologian kehittymisen mukana. Yleisesti hyväksytty määritelmä on: ”Telelääketieteellä tarkoitetaan potilaan tutkimista, tarkkailemista, hoitoa sekä potilaan ja henkilökunnan kouluttamista käyttäen apuna teletekniikkaa, joka

mahdollistaa asiantuntija-avun ja potilastietojen saannin oikeaan paikkaan riippumatta siitä, missä potilas tai kyseinen tieto kulloinkin on.” Määritelmän ydin on sanassa ”teletekniikka”, jonka avulla ”poistetaan etäisyys” asiantuntijan ja hoitopisteen väliltä.

Telelääketieteen perinteinen määritelmä ei huomioi kenttälääkinnän olosuhteissa vaikuttavia ulkoisia tekijöitä. Tutkimuksessa määritellään kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuri ja kenttätelelääketieteen käsite, jolla tarkoitetaan digitaalisen hoitotietoketjun edellytysten luomista kenttälääkinnän olosuhteissa. Käsite on laaja, sisältäen sekä toimintamallit että välineet digitaalisen hoitotietoketjun muodostamiseksi yksittäisestä lääkintämiehestä evakuointisairaalaan saakka. Kenttätelelääketiede sisältää arkkitehtuurin mukaisesti: välineet ja prosessit tietojen keräämiseen, taltiointiin ja siirtämiseen; sovellukset ja palvelut (esim. evakuointiajoneuvojen johtaminen, paikannus); hoitopisteiden lääkintävälineet ja sähköistyksen.

Kenttätelelääketieteen kokonaisarkkitehtuuri muodostuu seuraavista osista: kuljetus ja pakkaus, telelääketieteen välineet, muut lääkintävälineet ja lääkkeet, sisäiset tieto-, johtamis- ja viestijärjestelmät, ulkoiset yhteydet, sovellukset, palvelut ja sähköistys. Sisäisistä ja ulkoisista yhteyksistä muodostetaan kenttätelelääketieteen viestintäarkkitehtuuri, joka muodostaa rungon digitaalisen hoitotietoketjun tiedonsiirtoyhteyksille.

Viestintäarkkitehtuuri määrittelee verkkokokonaisuudet, joihin palvelut liitetään, mutta ei teknologioita yhteyksien toteuttamiseksi. Arkkitehtuuri mahdollistaa osakokonaisuuksien itsenäiseen kehittämiseen. Modulaarisuus tarkoittaa myös sitä, että järjestelmää voidaan käyttää osakokonaisuuksina käyttötilanne huomioiden.

Kenttälääkinnän on aika siirtyä digitaaliseen kulttuuriin. Tekniset edellytykset digitaalisen tiedon siirtoon ja verkottumiseen ovat olemassa. Telelääketiede ja verkottuminen edellyttävät kuitenkin muutakin kuin teknistä ratkaisua tiedon siirtämiseen, sillä teknologia parantaa laatua ja tuottavuutta vain jos samanaikaisesti kehitetään uusia toimintatapoja yhtä innovatiivisesti kuin itse tuotteita. Teknisen ja toiminnallisen kehittämisen on kuljettava käsi kädessä. Hoitopisteisiin on kehitettävä sovelluksia, joiden avulla voidaan kehittää toimintamalleja hoitotiedon taltioimiseksi ja

hoitoprosessien kehittämiseksi. PYY06 -harjoituksen kokeilutoiminta oli hyvä esimerkki oikeasta suunnasta pyrittäessä kohti kenttälääkinnän digitaalista kulttuuria.

Kenttälääkinnän tietoliikenneyhteyksien kehittämiseksi on puolustusvoimien käytössä olevista laitteista muodostettava liitteen 14 mukainen kokeilulaitteisto. Kokeilulaitteiston kehittämisessä voidaan hyödyntää JJK:n APACC-projektia. Kokeilulaitteistosta saatujen käyttökokemusten pohjalta voidaan muodostaa lopullinen laitekoonpano ja tehdä laitehankinnat eri tason hoitopisteisiin.

Kiinteän viestintäverkon tiedonsiirtoyhteyksillä on keskeinen merkitys niin lääkintähuollon kuin muidenkin joukkojen viesti-, johtamis- ja tietojärjestelmäpalvelujen tuottamisessa. Kiinteän viestintäverkon muodostavat puolustusvoimien oma viestintäverkko sekä verkko-operaattoreiden viestintäverkot. Puolustusvoimien omaa viestintäverkkoa laajennetaan ALVI-joukkojen muodostamalla liityntäverkolla. Liikkuville tilaajille ITVJ-järjestelmän palvelut tarjotaan liityntäpisteelle, johon johtoportaat voivat liittyä omalla kalustollaan.

Puolustusvoimien oman verkon lisäksi on harjoiteltava yleisen viestintäverkon siirtoteiden hyödyntämistä ALVI-joukkojen tyyliin. Operaattoreiden matkapuhelinverkkojen siirtotiet on toteutettu osittain ALVI-joukkojen käytössä olevalla kalustolla, tai kalusto on tekniikaltaan samankaltaista. Yhdistämällä operaattoreiden siirtoteitä osana ALVI-joukkojen muodostamaa liityntäverkkoa, voidaan aikaansaada huomattavan paljon liityntäpisteitä vähäisellä kalustolla. Yleisen viestintäverkon käytössä korostuu yhteysvarausmenettely. Lääkintähuollon yhteystarpeet on oltava huomioituna valmiussuunnittelua tehtäessä.

Kenttäviestijärjestelmien käyttö korostuu sen jälkeen, kun kiinteä viestintäverkko menettää toimintakykynsä vihollisen vaikutuksesta. Kenttäviestijärjestelmät ovat tavallisesti radiohiljaisuudessa tai ainakin lähetyskiellossa ennen taistelujen alkua, joten niitä ei voidakaan käyttää ennen lähetyskiellon päättymistä. Lisäksi lääkintäjoukkojen toiminta-alue ylettyy prikaatin vastualueen ulkopuolelle, joten lääkintäjoukkojen johtamiseen ja tiedonsiirtoon on oltava käytössä muitakin kuin kenttäviestijärjestelmään perustuvia välineitä.

Langattomia tiedonsiirtomenetelmiä (GPRS, EDGE, 3G, WLAN, WIMAX, FLASH OFDM) on käytettävä niin pitkään kuin ne ovat toiminnassa. Tämän vuoksi esimerkiksi evakuointiajoneuvoihin sijoitettavissa tietokoneissa tulee olla tietoliikennekortti, joka mahdollistaa toiminnan useassa verkossa. Saatavilla on tietoliikennekortteja, joissa on HSDPA-valmius ja ne tukevat UMTS-, EDGE-, GPRS- ja GSM-tiedonsiirtoa. Lisäksi tarvitaan VIRVE-puhelin puheen siirtoon ja paikannukseen.

Kenttälääkinnässä kyetään jo nyt hyödyntämään IP-tekologiaan perustuvia järjestelmiä. Tulevaisuuden kenttäviestijärjestelmät tulevat pohjautumaan all-IP-arkkitehtuuriin, joten sen osalta telelääketieteen kehittämisen suunta on oikea. Moniverkottuneet järjestelmät ovat tulevaisuuden järjestelmiä. Tulevaisuudessa verkottuminen tapahtuu automaattisesti, jolloin laite hakee parhaimman siirtotien kaikista saatavilla olevista vaihtoehdoista. Kenttälääkintäjärjestelmissä tämä voidaan tehdä jo nyt manuaalisesti, jolloin jokaiseen verkkoon on oma erillinen radiolähetin (kenttäradio, TETRA), tai yksittäisessä laitteessa on sisäänrakennettuna useamman verkon lähetin (WLAN, 3G).

Operaattoreiden ilmoittamiin tiedonsiirtonopeuksiin pitää suhtautua varauksella. Ilmoitetut tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat huomattavasti etäisyyden, olosuhteiden ja antennikorkeuden myötä. Totta on kuitenkin se, että langattomien tiedonsiirtotekniikoiden siirtonopeudet ovat kasvamassa kovaa vauhtia. Matkapuhelinverkoissa päästään jo satoihin kilobitteihin sekunnissa ja laajakaistaverkoissa megabitteihin sekunnissa.

Yksinkertainen ratkaisu telelääketieteen mahdollistamiseksi on sijoittaa liityntälaite evakuointisairaalaan, huoltorykmentin ensihoitokeskukseen ja prikaatin huoltopataljoonaan. Liityntälaitteet mahdollistavat videoneuvotteluyhteydet, sähköpostitoiminnot, puhepalvelut sekä Internet-yhteydet. Liityntälaitteet voidaan liittää puolustusvoimien Internet-verkkoon viestintäverkon liityntäpisteistä tai julkisen Internetin kautta. Julkisen Internetin kautta liityttäessä puolustusvoimien verkosta tarjottavat palvelut tulevat tietoturvasyistä olemaan hyvin rajoitettuja.

Potilasmonitorointijärjestelmät auttavat tiedonkeruussa. Välineet tiedon siirtämiseen tarvitsijoille on olemassa. Välineiden myötä on kehitettävä toimintatapamalli, jolla tietoa hallitaan, varastoidaan ja siirretään tarvitsijoille.

Liityntälaitteen mahdollistamat palvelut yhdessä kenttäviestijärjestelmän palveluiden kanssa mahdollistavat lääkintäjoukkojen tehokkaan johtamisen ja tiedonsiirron sekä ennen taistelujen alkua että taistelujen aikana. Taistelujen alettua kiinteän viestintäverkon siirtotiet vaurioituvat ja yhteydet ylempiin johtoportaisiin katkeavat jossakin vaiheessa. Liityntälaitteen palveluita voidaan kuitenkin käyttää hyvin pitkään, kun huomioidaan langattomat tukiasemat ja varatiet, ALVI-joukkojen perustamat tukiasemat ja liityntälaitteen paikalliskäyttö.

Käytössä olevaa kenttäviestimateriaalia, puolustusvoimien viestintäverkkoa ja yleistä viestintäverkkoa hyödyntämällä on mahdollista aikaansaada kenttälääkinnän digitaalinen hoitotietoketju ja siirtää rauhan ajan sairaalaympäristön tietojärjestelmät kenttälääkinnän käyttöön. Tarvittavat laitteet ovat puolustusvoimilla olemassa tai hankinta hyvässä vauhdissa.

Kasvaneen viranomaisyhteistyön myötä on suotavaa, että kenttälääkinnän elementit ovat teknisesti yhteensopivia yleisen terveydenhuollon kanssa. Oli sitten kyse vaikkapa sairasajoneuvojen paikannus- ja johtamisjärjestelmästä tai tietojärjestelmistä.

Tutkimustyön teon myötä esiin tuli useita kysymyksiä, jotka vaativat lisätutkimusta. Alla on lueteltu mahdollisia jatkotutkimusten aihealueita

- Kenttälääkinnän laitekokoonpanon määrittäminen yhteistoiminnassa APACC-projektin kanssa.
- Sähköisten tuntolevyjen käyttömahdollisuudet kenttälääkinnässä.
- PDA-laitteiden käytettävyys kenttälääkinnässä.
- Telelääketieteen käyttö lääkintäkoulutuksessa.
- Prosessit sähköisten potilastietojen keräämiseksi ja käsittelemiseksi
- Liityntälaitteen vaatimusten määrittäminen kenttälääkinnän eri organisaatioitasoille.

- Telelääketieteen mahdollisuudet, välineet ja tiedonsiirtotarpeet kenttälääkinnässä esimerkiksi käyttötapaustutkimuksena (erikoisjoukot, merivoimat).
- Potilasmonitorointijärjestelmän tiedonsiirto kenttäviestijärjestelmässä.
- Kenttälääkinnän tietojärjestelmät ja toimintatapamalli tietojärjestelmien käyttämiseksi.
- Kenttäradioiden käyttö liityntälaitteen tukiasemana.

LÄHTEET

- [1] 3GPP TR 25.913 v7.3.0 2006-03. 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network, Requirements for Evolved UTRA (EUTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN), release 7.
http://www.3gpp.org/ftp/specs/latest/rel-7/25_series/25913-703.zip
- [2] Alasaarela, Esko: Strategy of developing wireless solutions in healthcare. Oulun yliopisto, 15.6.2006.
http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/FinnWell/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ ja_aktivointi/Seminaarit/Vuosiseminaari_06/Wirh_e-report-v2.3.doc
- [3] Alberts, DS - Gartska, JJ - Hayes, RE - Signori, DA: Understanding Information Age Warfare. DoD Command and Control Research Program (CCRP) -publications. Elokuu 2001. ISBN 1-893723-04-6.
- [4] Alberts, DS - Gartska, JJ - Stein, FP: Network Centric Warfare. Developing and Leveraging Information Superiority. 2. painos. DoD Command and Control Research Program (CCRP) -publications. Helmikuu 2000. ISBN 1-57906-019-6.
- [5] Alberts, DS: Information Age Transformation. Getting to a 21st Century Military. DoD Command and Control Research Program (CCRP) -publications. Kesäkuu 2002. ISBN 1-893723-06-2.
- [6] Aluoch, Sandra - Twinomugisha, Alex: The VSAT buyer's guide. A guide to selecting and implementing VSAT technologies for developing countries. The International Development Research Centre (IDRC), 2005.
http://ictinafrica.com/vsat/docs/The_VSAT_Buyers_Guide.pdf
- [7] Ascom. DCN Access Node -esittelymateriaali 2006.
- [8] Ascom-liityntälaite. Tekninen käyttöopas, v0.1.

- [9] Bashshur RL - Reardon, TG - Shannon, GW: Telemedicine: A New Health Care Delivery System. Annual Review of Public Health, vol. 21, 2000.
- [10] Basic Concepts of WCDMA Radio Access Network. White paper, Ericsson Radio Systems AB 2001.
http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/e207_whitepaper_ny_k1.pdf
- [11] Booz, Allen, Hamilton: An approach for integrating deployable communications systems to support natural disaster response. Gulf coast information, integration & interoperability symposium. Helmikuu 2007.
<http://www.archsystech.com/db1/00072/archsystech.com/download/GulfCoastSymposium-BoozAllen.ppt>
- [12] Burbank, Jack L: Kasch, William T: COTS Communications Technologies for DoD Applications: Challenges and limitations. Military Communications Conference 2004.
- [13] Collan, Mikael - Han, Shengnan - Harkke, Ville - Tetard, Franck: Usability evaluation of a mobile medical information system for military physicians. Proceedings of the 40th Hawaii International conference on system Sciences 2007.
<http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2007/2755/00/27550139a.pdf>
- [14] Craig, John - Patterson, Victor - Wootton, Richard: Introduction to telemedicine. Second edition. Royal society of medicine Press Ltd, Lontoo 2006. ISBN 1-85315-677-9.
- [15] Dario, C - Dunbar, A - Feliciani, F – Garcia-Barbero, M - Giovannetti, S - Grashew, G - Güell, A - Horsch, A - Jenssen, M - Kleinebreil, L - Latifi, R - Lleo, M - Mancini, P - Mohr, M - Ortiz García, P - Pedersen, S - Pérez-Sastre, M - Rey, A: Opportunities and challenges of ehealth and telemedicine via satellite. Proceedings of ESRIN-Symposium. Italia 2004.

http://telecom.esa.int/telecom/media/document/Scientific_Publication_ESA_Telemed.041222.final.pdf

- [16] Detmer, Don - Grogor, Peter - Kahan, James P - MacGillivray, Steve - Ootrwijn, Wija - Pagliari, Claudia - Sloan, David - Sullivan Frank: What Is eHealth (4): A Scoping Exercise to Map the Field.
<http://www.jmir.org/2005/1/e9/>
- [17] Donahoo, Michael – Steckler, Brian: Emergency Mobile Wireless Networks. Flyaway Communications /FLAC) with WIMAX 802.16 Technology. Military Communications Conference 2005.
<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/10687/33743/01606030.pdf?arnumber=1606030>
- [18] Eliasson AH - Poropatich RK. Performance improvement in telemedicine: the essential elements. Mil Med 1998; 163.
- [19] ETSI TS 101 747 v1.1.1 (2001-07). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); IOP Interworking (IPI).
- [20] EvacSys - Evacuation Support System. Whitepaper, Joint Medical Service, Norwegian Armed Forces, Military Medical Research and development.
http://www.sintef.no/upload/IKT/9013/evacsys_whitepaper.pdf
- [21] Evenstad, Erik Otto - Larsen, Eli - Soerensen, Tove: Telemedicine via Satellite Services. European Space Agency contract report. Norjan kansallinen telelääketieteen keskus, Norja 2000.
- [22] FM 4-02.10 Theater Hospitalization. Yhdysvaltain armeijan kenttäohjesääntö.
[http://chppm-www.apgea.army.mil/news/FM%204-02%2010_Field_Hosp%20\(2\).pdf](http://chppm-www.apgea.army.mil/news/FM%204-02%2010_Field_Hosp%20(2).pdf)

- [23] Gere, Charlie: Digital Culture. Reaktion Books, Lontoo 2002. Suomentanut Raine Koskimaa ja työryhmä. Faros-kustannus Oy, Cityoffset Oy, Tampere 2006. ISBN 952-99497-2-3.
- [24] Granlund, Kaj: Langaton tiedonsiirto. Docendo Finland Oy, WS Bookwell, Porvoo 2001. ISBN 951-846-091-4.
- [25] Harrison, GS: A Commercial Off The Shelf (COTS) Based Military Telemedicine System. DSTO-TR-0512. DSTO Communications Division Electronics and Surveillance Research Laboratory. Australia 1997.
- [26] Hautamäki, Markku Mikael: Using GPRS as a wireless core network for wireless local area networks. Opinnäytetyö, Vaasan ammattikorkeakoulu, Vaasa 2005.
<http://www.wirlab.net/pdf/ThesisGPRSwlan.pdf>
- [27] Heinäaro, Kimmo: Ohje datansiirrosta LV241/341/342/641/441/141/231/331 -radioilla ja Windows-PC:llä. Riihimäki 21.9.2004.
- [28] Heinäaro, Kimmo: Taktinen Internet käytännössä. TKK:n diplomityö. Espoo 2005.
- [29] Hiltunen, Ulla - Virta, Kalevi: TEL LAPPI III. Suunnitelma alueellisen informaatioteknologia-järjestelmän toteuttamiseksi Lapin sairaanhoitopiirin alueella. Lapin sairaanhoitopiirin kuntayhtymä. Kesäkuu 2000.
http://www.lshp.fi/tellappi/raportti_TELLAPPI_III.htm
- [30] Honkavaara, Pekka. Kenttälääkinnästä ja kemiallisista aseista - Valmiusyhtymien kenttälääkinnästä ja strategisesta iskusta (osa 2/3). Finnanest 2003, 36 (2).
- [31] Honkavaara, Pekka: Kenttälääkinnän tutkimukset ja mittaukset PYRY-06 sotaharjoituksessa. Sotilaslääketieteen keskus, Lääkintäkoulu, Kenttä- ja katastrofilääkinnän vastuualue. Lahti 25.2.2007.

- [32] <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/FinnWell/fi/etusivu.html>
- [33] <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/FinnWell/fi/system/uutinen.html?id=2302&nav=Uutisia&arkisto=true>
- [34] <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/FinnWell/fi/system/uutinen.html?id=2624&nav=Uutisia>
- [35] <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/FinnWell/fi/system/uutinen.html?id=948&nav=Uutisia&arkisto=true>
- [36] <http://fi.wikipedia.org/wiki/4G>
- [37] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Tietoj%C3%A4rjestelm%C3%A4arkkitehtuuri>
- [38] <http://finohta.stakes.fi/FI/julkaisut/raportit/raportti5.htm>
- [39] http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm
- [40] http://matkaviestinta.elisa.fi/public/elisa.do?id=hen_ohjeet_tuki,ds_muut_0085.htm
- [41] http://matkaviestinta.elisa.fi/public/elisa.do?id=yri_liittyman_peruspalvelut,liittyman_peruspalvelu_0031.htm
- [42] http://myharris.net/view_pressrelease.asp?act=lookup&pr_id=786
- [43] http://telemedicine.wramc.amedd.army.mil/ProjectDocs/R&D/Telemedicine/Galaxy_Image_Compression/GalaxyWhitePaper.pdf
- [44] <http://uuma.hus.fi/default.asp?path=1;34;42>
- [45] <http://wlan.dacco.fi/sanasto.htm>

- [46] http://www.ascom.fi/9d_dect_esite_fin.pdf
- [47] <http://www.ascom.fi/vowifibrochurefi.pdf>
- [48] http://www.bmis.org/what_is_mi.html
- [49] http://www.bsatellite.com/Why_iDirect.html
- [50] http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9026458&intsrc=news_ts_head
- [51] http://www.cs.jyu.fi/el/itke54_04/Kalvot/JouniMarkkula.pdf
- [52] <http://www.cs.tut.fi/~jkorpela/siv/sanata.html#arkkitehtuuri>
- [53] http://www.digita.fi/digita_dokumentti.asp?path=1840;3793;1973;8448
- [54] <http://www.emssatcom.com/broadbandops/downloads/2SManno-Inmarsat4.pdf>
- [55] http://www.esa.int/esaTE/SEMh2R2VQUd_index_1.html#subhead2
- [56] <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2006/20060264>
- [57] <http://www.flickr.com/photos/t6hawk/213808225/>
- [58] <http://www.gdc4s.com/content/detail.cfm?item=127f5244-7751-4b2a-827c-6572eb4132f6>
- [59] <http://www.govhealthit.com/article92598-03-14-06-Web>
- [60] <http://www.gsm.fi/uutiset.php>
- [61] <http://www.ha.osd.mil/peo/tmip/default.asp>

- [62] <http://www.healthcare.hqusareur.army.mil/Telemedicine2004.02.04/Programs/SMART/Index.htm>
- [63] <http://www.ics.forth.gr/bmi/images/eHealth.jpg>
- [64] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG3c.html>
- [65] <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/e-health/s1-02.pdf>
- [66] http://www.laakariliitto.fi/etiikka/liiton_ohjeet/telelaaketiede.html
- [67] http://www.laaketietokeskus.fi/page.php?page_id=305
- [68] http://www.mil.fi/paaesikunta/materiaaliosasto/liitteet/pku_matine_stratsem_20060517.pdf
- [69] <http://www.mil.fi/paaesikunta/paaesikunta/terveys/kehitys.dsp>
- [70] <http://www.military-medical-technology.com/article.cfm?DocID=692>
- [71] http://www.nokia.com/NOKIA_COM_1/About_Nokia/Press/Press_Events/zz_Tetra_World_Congress/Data%20Fundamentals.pdf
- [72] http://www.plansys.com/downloads/NIMS_Qweb.pdf
- [73] <http://www.projectmesa.org>
- [74] http://www.projectmesa.org/ftp/SC/SC13_StPaul_de_Vence_2006/
- [75] <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen.asp?id=49860>
- [76] http://www.tatrc.org/website_smart/index.html
- [77] <http://www.telemed.no/index.php?id=44355>

- [78] <http://www.tetramou.com/tetramou.aspx?&id=1182>
- [79] <http://www.tetramou.com/tetramou.aspx?&id=1186>
- [80] http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=26655
- [81] http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=28373
- [82] http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=28951
- [83] http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=29802
- [84] http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=30783&tyyppi=1
- [85] http://www.tietoviikko.fi/doc.te?f_id=1089074
- [86] <http://www.tilastokeskus.fi/meta/kas/laajakaista.html?tulosta>
- [87] <http://www.un.org/depts/dpko/medical/pdfs/990telemedicine.pdf>
- [88] <http://www.wilho.net/>
- [89] http://www.yhtyneetlaboratoriot.fi/kasikirja/?file=content_exec&id=65&submenu=35
- [90] <https://www.commit.fi/index.php?ylavalinta=uutiset&alavalinta=uutinen&id=85&PHPSESSID=fd48b25af2a85539d928ca765817>
- [91] <https://www.mc4.army.mil/configs.asp>
- [92] Hummelholm, Aarne: ALVI-seminaari esitysmateriaali. Riihimäki 2005.
- [93] Hummelholm, Aarne: Puolustusvoimien viestintäverkon tavoitearkkitehtuuri 2012. Versio 15.1.2007.

- [94] Huollon käsikirja. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 2001. ISBN 951-25-124-9.
- [95] Hämäläinen, Jorma: Satelliittipalvelut - nopea ja kustannustehokas yhteysratkaisu kiinteään verkon puuttuessa. Viestimies 2/2007. Priimus Paino Oy, Loimaa 2007.
- [96] IEEE standardi 802.15.1-2005. Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).
<https://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.1-2005.pdf>
- [97] IEEE standardi 802.15.3 -2003. Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).
<https://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.3-2003.pdf>
- [98] Ilvesmäki, Mika - Luoma, Marko - Peuhkuri, Markus - Jäntti, Riku: STAE 2020. Runko- ja tilaajaverkkojen kehitys vuodesta 2006 vuoteen 2020. Versio 1.0/1.12.2006.
- [99] Infrastructure to 2030 - Telecom, land transport, water and electricity. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006.
http://www.oecd.org/document/60/0,3343,en_2649_33707_36964924_1_1_1_1,00.html
- [100] Istepanian, R - Kyriacou, E - Pattichis, C.S - Schizas, C.N - Voskarides, S: Evaluation of GSM and GPRS systems in Emergency Telemedicine.
<http://www.medinfo.cd.ucy.ac.cy/documents/medinf03.pdf>
- [101] Jung, SM - Kim, Kwang KJ - Kim, NH - Lee, KJ - Yoo, SK: Design of multimedia telemedicine system for inter-hospital consultation. IEEE 01403878. Syyskuu 2004.

- [102] Kansallinen laajakaistastrategia. Loppuraportti. Liikenne- ja Viestintäministeriön julkaisu 3/2007. Helsinki 2007.
http://www.mintc.fi/oliver/upl558-Julkaisu%203_2007.pdf
- [103] Kansallinen sähköinen potilastietojen arkistopalvelu - Toiminnallinen vaatimusmäärittely. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistio 2005:21. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 2005.
<http://www.stm.fi/Resource.phx/vastt/tietoh/arkisto.htx>
- [104] Kenttäviestijärjestelmäopas 4. Yhtymän viestijärjestelmä YVI2. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, Edita Prima Oy, Helsinki 2003. ISBN 951-25-1422-2.
- [105] Kolawole, Michael O: Satellite Communication Engineering. Signal Processing and Communications Series. Marcel Dekker Inc, USA 2002. ISBN 0-8247-0777-X.
- [106] Komiya, Ryoichi: A proposal for telemedicine reference model for future standardization. IEEE 01500444. Malesia 2005.
- [107] Korkiamäki, Ilkka: TETRA-järjestelmän sotilaalliset käyttömahdollisuudet. Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen julkaisusarja 1, tutkimuksia n:o 9. Oy Edita Ab, Helsinki 2001. ISBN 951-25-1217-3.
- [108] Koskevuori, Kimmo (vastaava toimittaja): Lääkinnällinen pelastustoiminta ja kenttälääkintä. Pääesikunnan terveydenhuolto-osasto. Lääkintähuollon neuvottelukunnan katastrofilääketieteen jaos. Oy Edita Ab, Helsinki 1996. ISBN 951-25-0813-3.
- [109] Kuosmanen, Petteri: Taktisten ad hoc -radioverkkojen toteuttamismahdollisuudet erilaisissa toimintaympäristöissä. Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen julkaisusarja 1, no 20. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1562-8.

- [110] Kurjenmäki, Marko. Viestikomppania (T) käsikirja -luonnos. Riihimäki 2006.
- [111] Laapio Heikki: Pidetäänkö haavoittuneista hyvää huolta? Sotilasaikakausilehti 10/2005.
- [112] Laapio Heikki: Puolustusvoimien lääkintähuolto on suuressa muutoksessa. Sotilasaikakausilehti 2/2005.
- [113] Laapio, Heikki: Kenttälääkinnän suorituskykyvaatimukset. Sähköposti 7.11.2006.
- [114] Laapio, Heikki: Lääkintähuollon kehittäminen. Tiede ja Ase. Suomen sotatieteellisen seuran vuosijulkaisu n:o 63. Waasa Graphics Oy, Vaasa 2006.
- [115] Laurila, Antti: Osastoesiupseeri, PVJJK:n kehitys -osasto. Haastattelu 25.4.2007. Materiaali tekijän hallussa.
- [116] Liityntälaitefarmin tekninen määrittely, luonnos. Liityntälaitefarmiprojekti, Puolustusvoimien tietotekniikkalaitos, 12.12.2005.
- [117] Lääkintähuolto-opas. Pääesikunnan huolto-osasto. Ykkös-Offset Oy, 2002. ISBN 951-25-1365-x.
- [118] Lääkärilehti 1/2006.
- [119] Maglogiannis, Ilias G - Karpouzis, Kostas - Wallace Manolis: Image and Signal Processing for Networked E-Health Applications. A Publication in the Morgan & Claypool Publishers' series Synthesis lectures on biomedical engineering, USA 2006. ISBN 1-59829-036-3.
- [120] Mattila, Matti AK (päätoimittaja): Telelääketiede. Recallmed Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1999. ISBN 951-9221-97-2.

- [121] MC4-järjestelmän verkkosivut. BMIST-J palvelimet.
<https://www.mc4.army.mil/hardware.asp>
- [122] Medical communications for combat casualty care. MC4 v1.4.0.0. Lesson plan/student guide CHCS II-T version 2.1.7004.12. Edition MC4-STG-CHCSII_T-002.
http://www.mc4.army.mil/papers/CHCS2T_1400_Student_version.pdf
- [123] Medical communications for combat casualty care. MC4 v1.4.2.1. Lesson plan/student guide. BMIST-J version 1.9.6c. Edition MC4-STG-TRN-BMIST-J 004, 1 Aug 2005.
http://www.mc4.army.mil/papers/BMIST-J_196c-Student_guide.pdf
- [124] Merlot Medi - Ensihoidon johtamis- ja raportointijärjestelmä.
http://www.wm-datanovo.fi/wmwebb/Services/files/Merlot_Medi.pdf
- [125] Mini-link E technical description. Ericsson microwave systems, 2001.
- [126] MobiMed Communication White Paper 030716_Rev01.doc.
- [127] MobiMed Concept White Paper 031001_Rev01.doc.
- [128] MobiMed Hospital Work Station White Paper 040325_Rev00.doc.
- [129] MobiMed Info System White Paper 040305_Rev00.
- [130] Mäkelä, Kari - Kesseli, Kari: Sähköposti 29.1.2007 ja 16.2.2007. Professori Kari Mäkelä, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Telemedicine Laboratory, Terveystieteiden tutkimuskeskuksen professori. Prof Mäkelä toimii TTY:n Seinäjoen alueyksikön johtajana. Lääkintäkapteeni Kari Kesseli toimii Lahden varuskunnan päällikkölääkärinä.
- [131] Mäkelä, Kari: Haastattelu 28.2.2007. Muistiinpanot ja materiaali tekijän hallussa.

- [132] Mäkelä, Kari: Terveysthuollon tietotekniikka. Terveysten ja hyvinvoinnin sovellukset. Tammer-Paino Oy, Helsinki 2006. ISBN 952-14-0823-5.
- [133] Mänty, Hannu: Langaton tiedonsiirto sairaalaympäristössä. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, telelääketieteen laboratorio. Tampere 2000.
- [134] Nokia FlexiHopper. Microwave radio. Product overview. NOKIA/C33513.21/G0.
- [135] Porin Jääkäriprikaati. Harjoitusvahvuus A1. Pääesikunta/Maavoimaosasto, Helsinki 2005. R4483/10/D/II VIRK.
- [136] Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäalan toiminta 2008. PE johtamisjärjestelmäosaston suunnitelma. Helsinki 1.4.2005.
- [137] Raitasalo, Jyri: Sodan kuvan muutoksen Suomen puolustusjärjestelmän kehittämiselle aiheuttamat haasteet kylmän sodan jälkeisellä ajalla. Esiupseerikurssi 58, tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, huhtikuu 2006.
- [138] Rapp, Timothy J: Wireless electronic information carrier. Patient-centered data flow in a network-centric world. American telemedicine association conference 2005.
www.americantelemed.org/news/2005_presentations/m2c4.Rapp.ppt
- [139] Raytheon JPS Communications. ACU-1000 Modular interface/interconnect system.
<http://www.jps.com/downloads/pdfs/acu1000app.pdf>
- [140] Rekkedal, Nils Marius: Nykyaikainen sotataito. Sotilaallinen voima muutoksessa. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotahistorian laitos. Edita Prima Oy, Helsinki 2006. ISBN 951-25-1733-7.

- [141] Rysavy, Peter: Mobile Broadband EDGE, HSPA & LTE. White paper. Rysavy Research. Syyskuu 2006.
http://www.rysavy.com/Articles/2006_09_3GAmericas_Rysavy_Data_Paper.pdf
- [142] Saarela, Marko. Kenttäradio-käsikirja luonnos. Riihimäki 2006.
- [143] Sadia Hussain, Zara Hamid and Naveed S. Khattak: Mobility Management Challenges and Issues in 4G Heterogeneous Networks. Association for Computing Machinery. Proceedings of the first international conference on Integrated internet ad-hoc and sensor networks May 30 - 31, 2006. Department of Computer Sciences, MCS, NUST, Pakistan.
- [144] Salkintzis, Apostolis K: Evolving Public Safety Communication Systems by Integrating WLAN and TETRA Networks. IEEE Communications Magazine. Tammikuu 2006.
- [145] Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004. Valtioneuvoston selonteko VNS 6/2004. Helsinki 2004.
- [146] Sähköisten potilasasiakirjajärjestelmien toteuttamista ohjaavan työryhmän loppuraportti. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita 2004:18. Sosiaali- ja Terveysministeriö. Helsinki 2004.
- [147] Telelääketieteen arviointi Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirissä. FinOHTA raportti 20, 2002. Sosiaali- ja terveysalan tutkimus ja kehittämiskeskus.
<http://finohta.stakes.fi/FI/julkaisut/raportit/raportti20.htm>
- [148] Tulu, Bengisu - Chatterjee, Samir - Laxminarayan, Swamy: A Taxonomy of Telemedicine Efforts with respect to Applications, Infrastructure, Delivery Tools, Type of Setting and Purpose. Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences - 2005. IEEE 01385534.
<http://www.ieeexplore.ieee.org/iel5/9518/30166/01385534.pdf>

- [149] Turvallisesti tulevaisuuteen. Puolustusministeriön strategia 2025. Helsinki 2006.
- [150] Van Goor JN - Christensen JP. Advances in medical informatics: Results of the AIM exploratory action. IOS Press, Amsterdam 1992. ISBN 978-9051990584.
- [151] Winblad, I - Reponen, J - Hämäläinen P - Kangas, M: Informaatio- ja kommunikaatioteknologian käyttö Suomen Terveystieteiden tutkimuskeskuksessa vuonna 2006. Tilanne ja kehityksen suunta. STAKES raportteja 7/2006. Helsinki 2006.
- [152] Wireless Universal Serial Bus Specification. Rev 1.0, 12.5.2005.
<http://www.usb.org/developers/wusb/>
- [153] Virolainen, Jari: TH 3 huolto. EUK 58 luentomoniste, Santahamina 21.3.2006.
- [154] Viuhko, Jari: Delta/PCM-järjestelmäsovittimen ST-200 käyttö. Puolustusvoimien Materiaalilaitoksen ohje, Elektroniikkaosasto. Tampere 31.10.2003.
- [155] Xenex Visual Meeting. Videoneuvottelujärjestelmän esite. Xenex Telecom Oy, Tuusula.
http://www.xenex.fi/PDF/VisualMeeting_2006_tekninen_esite.pdf
- [156] Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia. Valtioneuvoston periaatepäättös 23.11.2006.
http://www.yett.fi/content/common/yett_strategiadokumentti.pdf
- [157] Young Kyun, Kim; Prasad, Ramjee. 4G Roadmap and Emerging Communication Technologies. Artech House, 2006. ISBN 1-58053-931-9.

TIETOLÄHDE	TYYPPI	KOKO
Elektroninen stetoskooppi	Ääni	100 kt
EKG-käyrä	Data	100 kt
Rintaröntgenkuva	Pysäytyskuva	1 Mt
Sikiön ultraäänikuva (30 s)	Liikkuva kuva (video)	10 Mt

DATATYYPPI	KUVAKOKO	BITTIÄ/ NÄYTE	TIEDOSTON KOKO [Mt]	PAKATTU KOKO [Kt]	PAKKAUSSUHDE
Röntgenkuva	2000*2000	12	5,7	285	20:1
Patologinen mikroskooppikuva	800*600	24	1,44	96	15:1
Tietokonetomografia (20 kuvaa)	256*256	8	1,3	650	2:1
Dermatologinen kuva	1280*1024	24	3,9	980	4:1
Sydänääni (20 s)	441000	16	0,882	440	2:1
EKG-käyrä (12 / 10 s)	5000 * 12	12	0,090	45	2:1

Lähde: Craig, John – Patterson, Victor – Wootton, Richard: Introduction to telemedicine.

DIGITAALINEN LAITE	RESOLUUTIO [PIKSELI]	KONTRASTI [BITTIÄ]	TARVITTAVA SIIRTONOPEUS
Verenpainemittari	-	-	< 10 kbit/s
Lämpömittari	-	-	< 10 kbit/s
Stetoskooppi + ECG	-	-	< 10 kbit/s
Ultraääni, kardiologia, radiologia	512*512	*8	256 kbit (kuvan koko)
Magneettikuva	512*512	*8	384 Kt (kuvan koko)
Skannattu röntgenkuva	1024*1250	*12	1,8Mt (kuvan koko)
Digitaalinen röntgenkuva	2048*2048	*12	6 Mt (kuvan koko)
Kompressoitu videokuva	-	-	0,384...1544 Mb/s

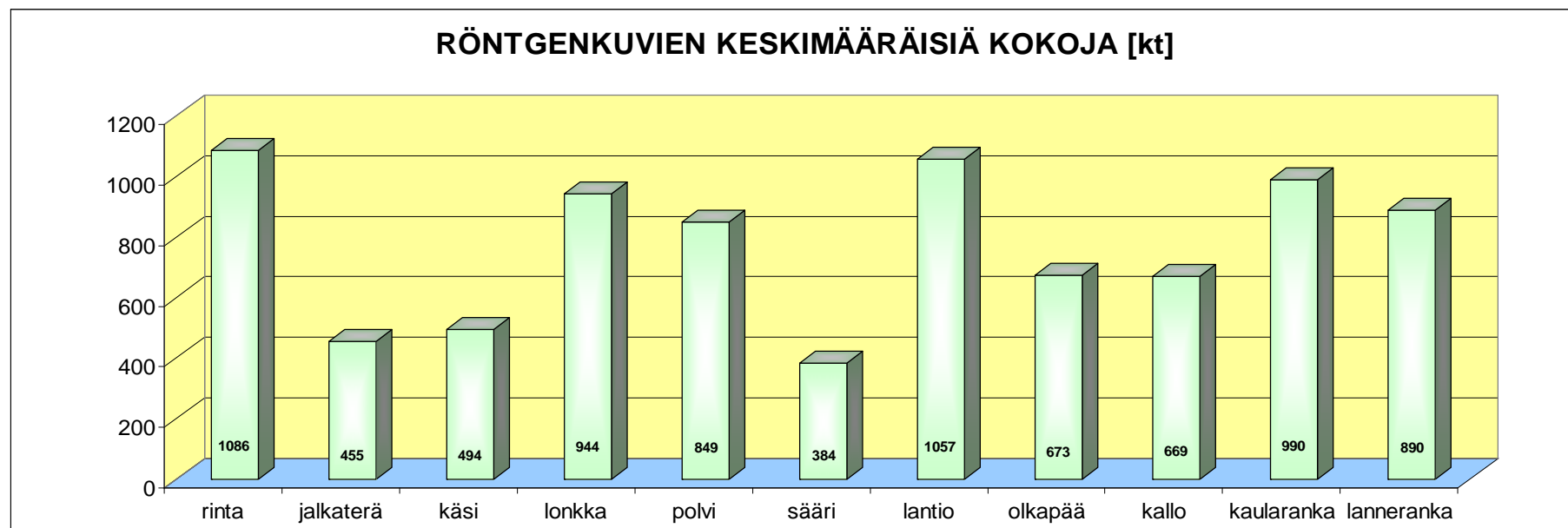
BIOSIGNAALI	SENSORIT [KPL]	NÄYTTEENOTTOTAAJUUS [HZ]	RESOLUUTIO [BIT/S]	DATA [BIT/S]
EKG	5-9	1250	12	15000
Sydänääni	2-4	10000	12	120000
Pulssi	2	25	24	600
EEG	20	350	12	4200
EMG	2+	50000	12	600000
Hengitystiheys	1	50	16	800
Lämpötila	1+	5	16	80

Lähde: Maglogiannis, Ilias G – Karpouzis, Kostas – Wallace, Manolis: Image and Signal Processing for Networked E-Health Applications.

DATA	KUVAKOKO [TAVU]	KUVIA/TUTKIMUS	TIETOMÄÄRÄ/TUTKIMUS [Mt]
Magneettikuvaus	131072	100	13,1
Tietokonetomografia	524288	60	31,5
Digitaalinen röntgen	4194304	2	8,4
Ultraääni	n. 410000	10	4,1

Lähde: Mänty, Hannu: Langaton tiedonsiirto sairaalaympäristössä.

Next-generation Emergency Satellite Assistance (NESA) -kokeilun röntgenkuvia. DICOM-standardin mukaisia keskimääräisiä kuvakokoja jaoteltuna kuvattavan kohteen mukaan.



Lähde: <http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=11863>

AN/TYQ 108(V)3



Panasonic CF-51PF4EEBM Notebook



Transit Case
GSA / IM2600-00000



Panasonic Battery Pack (x2)
GSA / CF-VZSU1473U



AC Adapter with AC Power Cord (x2)
PANASONIC / CF-AA1683A



Battery Charger
GSA / CF-VCBTB1W



Surge Protector
GSA / PNOTEPRO



Telephone Cable 3 ft
GSA / RJ11 PATCH-03



15'10BaseT Cable (RJ-45)
GSA / 3827GY-15



HP iPAQ Universal
Autosync Cable
GSA / FA122A#AC3



PS/2 Mouse
GSA / F8E813-PS2



Recordable CDs (x5)
GSA / 648711



3.5" Diskettes
DSHD 1.44MB
(1 box)
GSA / 556423



Multi-Media
Cleaning Kit
GSA / 99751

HP 1320n Printer (with accessories)



Transit Case
GSA /



HP 1320n Printer
GSA / Q5928A



Printer Cartridge
GSA / 95385



USB Printer Cable
GSA / HP C6518A



6-outlet Power Strip
GSA / FEL99001



1000W Step-down Transformer
TODD SYSTEMS / SD13SCTC



Paper (ream)
GSA / 7530014548006

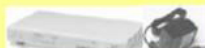
Networking Devices (with accessories)



Transit Case
GSA / IM2600-00000



3COM Router with AC
Power Supply
GSA / 3CR860-95



3COM Hub with AC
Power Supply
GSA / 3C16753-US



CAT 5 Cable(x3)



4-outlet Strip
GSA / PS162A



Satchel Bag
GSA / 5140002932379



50' CAT 5 Cable
(x5)

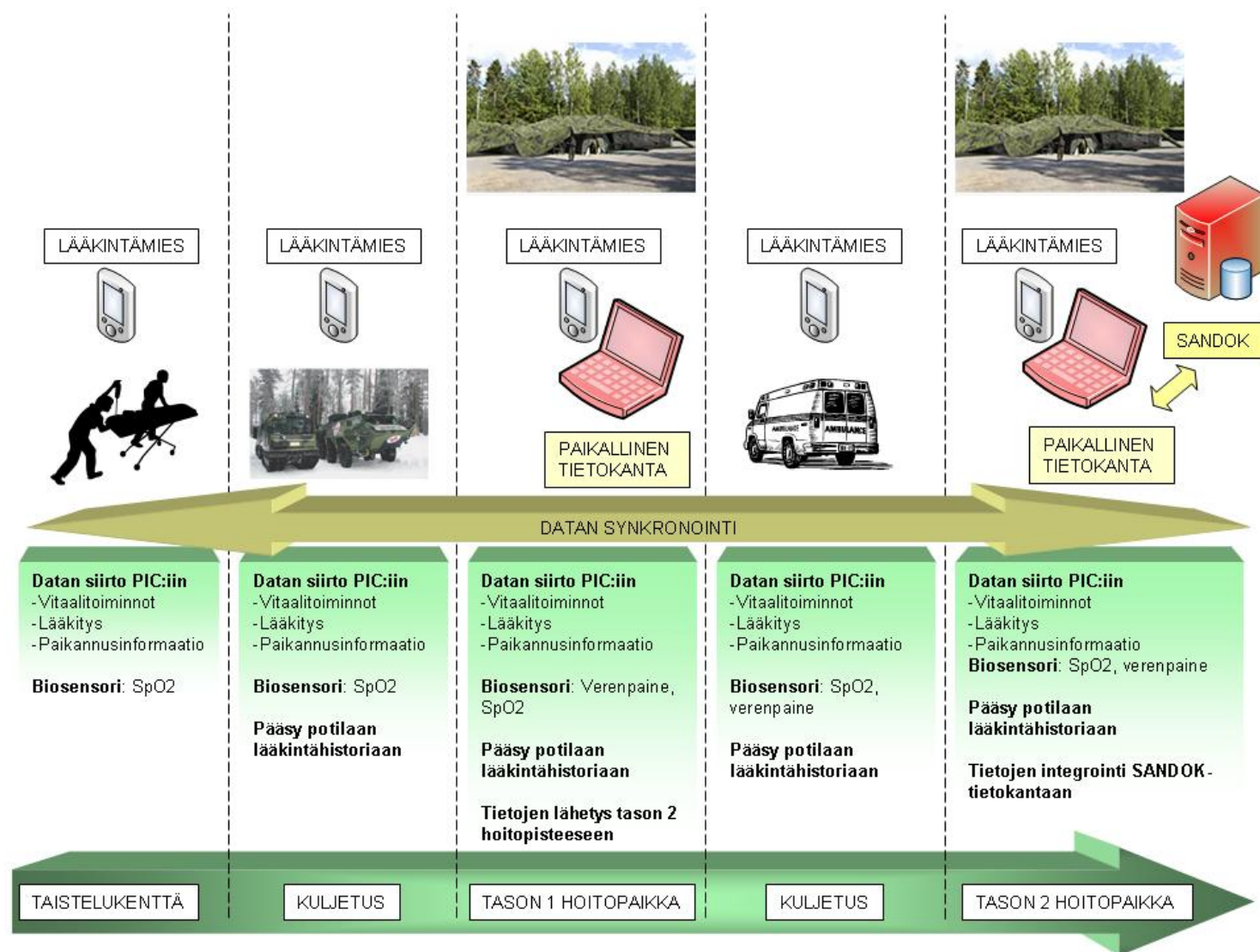


100' CAT 5
Cable(x5)

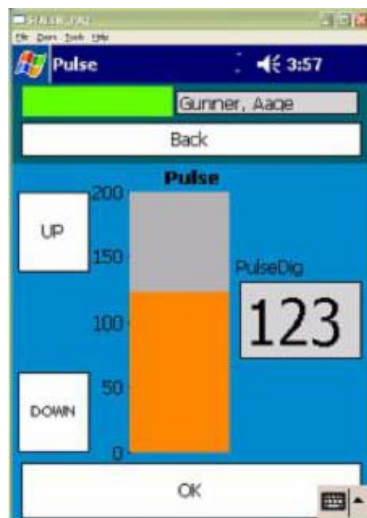
Tarkennettu materiaaliluettelo. HP1320n luettelo puuttuu.

AN/TYQ 108(V)3		
	Manufacture Part Number	Descriptions
Notebook		PANASONIC CF-51JF4ECBM, PENTIUM M 760 2.0GHz (Centrino) 15"UXGA, 2GB DDR SDRAM, 80GB HARD DRIVE, 128MB VIDEO RAM, 802.11a/b/g, DVD-MULTI DRIVE, WIN XP SP2, INTEGRATED SOUND AND SPEAKERS, LITHIUM-ION BATTERY, SPARE LITHIUM-ION BATTERY, BATTERY CHARGER WITH AC ADAPTER X 2, INTERNAL 10/100/1000 NIC AND 56K MODEM, PNOTEPRO MOBILE SURGE PROTECTOR, PC CARD DRIVE, 1.44 MB FLOPPY DRIVE, INTEGRATED SMART CARD READER, OPTICAL MOUSE, 3-YEAR ONSITE CONUS/OCONUS WARRANTY.
	GTSI / KIT 0113.001729 CF-5	
	NON-PROPRIETARY / HARDIGG INC / 16893-200-DSI	CF-51 NOTEBOOK TRANSIT STORM CASE WITH CUSTOM FOAM INSERT
	NON-PROPRIETARY / AMERICAN POWER CONVERSION (APC) 3827GY-15	CATEGORY 5 UTP 568B PATCH CABLE, GREY, RJ45, 15FT
	NON-PROPRIETARY / MAXWELL 648711	CDR 700MB 80MIN 48X SLVR-PRINTABLE WITH SLIM JC
	NON-PROPRIETARY / MAXWELL 556423	3.5 HARD DRIVE FD FORMAT DISK 10PK
	NON-PROPRIETARY / BELKIN F8E648	3.5" CD DRIVE CLEAN KIT-DISK CD SOLUTION
	HEWLETT PACKARD / 250178-B21	HP IPAQ UNIVERSAL AUTOSYNC CABLE
3COM HUB and Router	NON-PROPRIETARY / BLACK BOX / PS162A	POWER OUTLET STRIP, FOUR OUTLET
	3COM / 3CR860-95	3COM® OFFICECONNECT® SECURE ROUTER
	3COM / 3C16753-US	3COM OFFICECONNECT DUAL SPEED HUB 8-PORT 10/100
	SKB / 31-1610-5BC	TRANSIT STORM CASE WITH CUSTOM FOAM INSERT FOR 3COM ROUTER/HUB/POWER OUTLET STRIP (16 X 10 X 5 INTERIOR MIL STANDARD)
	GSA / 5140-00-293-2379	TOOL SATCHEL BAG (6"W X 24"L X 15"H)

Lähde: <http://www.mc4.army.mil/configs.asp>



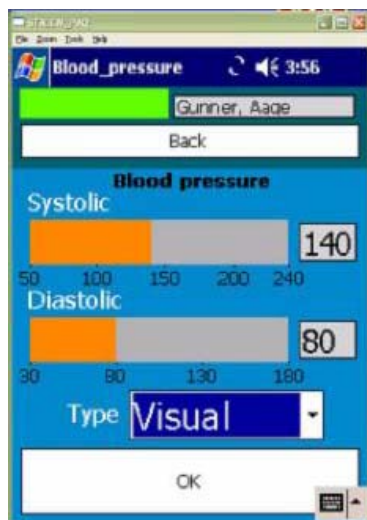
BMIST-J ja EVACSYS -järjestelmien näyttöjä.



EvacSys223
Gunner, Aage
Update Mitag
Send
Front
Back
Priority 2 09:31
GCS 11 09:35
Pulse 98 09:34
Med afipran 09:34
More
Patient ABCDE Track

BMIST
TURNER, TED (8376)
Readiness DD1380 Encounter SF600
Review Exam Reports
Provider: Medic, Combat Grade: E6
Encounters: 8
Exit
Tools

BMIST
Color Blind Test
SNUFFY, JOE 8912
Correct Incorrect Not Read
Note
Back Sign/Save Next
File Tools



Medication
Gunner, Aage
Back
Type Medication
adrenalin nycro
ATC C01CA24
Dose Value 1
Dose Unit ml - milliliters
Way of use iv
OK

BMIST
Epidemiology Information
Airway
Head
Neck
Wound
Burn
Amputation
Stress
chemical
nuclear
thermal
electrical
scald
Select Other Problem
Add Injury
Summary
File Tools

BMIST
Epidemiology Information
Airway
Head
Neck
Wound
Burn
Amputation
Stress
Select Severity
thermal
Add Injury
Summary
File Tools

Käytössä olevia hätäkommunikaatiojärjestelmiä, joita voidaan käyttää telelääketieteessä.

VALMISTAJA	JÄRJESTELMÄ
Motorola http://www.motorola.com/governmentandenterprise/contentdir/en_US/Files/Solution Information/Deployable_RC-99-2025.pdf	SMS4000 Mobile Communications System BMS1000 Transportable Solution
Cisco http://www.cisco.com/web/strategy/docs/gov/IMICSAt-A-Glance.pdf http://www.cisco.com/web/ID/learning/cnsf/files/at.1_networker2006_v2.pdf	Instants and Mobile Integrated Communications Solution (IMICS)
Cisco and CACI http://www.cisco.com/web/strategy/docs/gov/Cisco_CACI_TCK_Overview.pdf	Tactical Communications Kit
International Communications Group (ICG) http://www.intcomgrp.com/pages/military/DCN_info_sheet.pdf	Deployable Communications Network (DCN)
Quantum Research International (QRI) http://www.firstresponseteam.com/products_config.htm#config	First Response T.E.A.M.
General Dynamics http://www.gdc4s.com/content/detail.cfm?item=585c05a6-01af-49cc-b203-3ea882e4eadd&page=2	ReadySET
Redcom Laboratories http://www.redcom.com/products/tcp.php	Tactical Communications Package (TCP)
Raytheon JPS Communications http://www.jps.com/page/view/88	ACU-tuotepäri (ACU-2000IP, ACU-1000, ACU-M, ACU-T)
Communications Applied Technology http://www.c-at.com/icripages/icri.html	Incident Commanders Radio Interface (ICRI)
TELUS Mobility Emergency Response Support http://www.rabc.ottawa.on.ca/e/Files/Colin%20Belshaw%20RABC%202005%20ERS.ppt	Satellite Cellsite-On-Light-Truck (SATCOLT)
MEDES http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=7564 http://www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/e-health/wcon/s6con001.pdf#search=%22field%20hospital%20telemedicine%22	I-DISCARE (DELTASS)

PYRY-06 harjoituksen Merlot Medi -järjestelmän toimintamalli

Lääkintämies:

- tunnistaa potilaan
- valitsee TRIAGE-luokan
- tallentaa sen potilaan RFID/tuntolevyyn

Sovellus:

- siirtää tiedot potilastietokantaan
- lähettää kiireellisissä tapauksissa SMS ilmoituksen EHP:lle



LM



Joukkue

Lääkintämies luokittelee Haavoittuneen joka kuljetetaan EnsiHoitoPaikalle

Lääkäri:

- tunnistaa potilaan
- tarkentaa diagnoosia (ensihoitokertomus)
- vahvistaa TRIAGE-luokan
- tallentaa perustiedot potilaan RFID/tuntolevyyn

Sovellukset:

- siirtää tiedot potilastietokantaan
- paikantaa EHP:n maasto-osan ja PAS:n



EHP¹



Komppania

Lääkäri antaa ensiavun eli aloittaa hoidon ja tarkentaa diagnoosia



EHP²



Komppania

Potilaat kuljetetaan kiireellisyys-järjestyksessä EnsiHoitoASemalle

Lääkäri:

- tunnistaa potilaan
- täydentää ensihoitokertomusta
- seuraa EVAKSien kuormitusta
- valitsee potilaalle EVAKS:n

Sovellukset:

- siirtää tiedot potilastietokantaan
- näyttää tilannekuvan ja paikantaa ambulanssit



EHAS¹



Pataljoona

Lääkäri suorittaa stabiloivat hoitotoimenpiteet (esim. kiireellinen leikkaus) ja valmistelee potilaat evakuointia varten



EHAS²



Pataljoona

Potilaat kuljetetaan EVAKuointiSairaaloihin

Johtaja:

- yleiskuva
- kuorman raportointi



EVAKS



Prikaati

Kotiuttamiseen tähtäävä hoito annetaan evakuointisairaalassa

		Liitântäkortit / Korttipaikka						
		AGP	PCI-1	PCI-2	PCI-3	PCI-4	PCI-5	PCI-6
Liityntälaite, Tumsan ALVI Täyd 230VAC								
Keskusyksikkö, Tumsan ALVI 230VAC		Relekortti	2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	4*EuroISDN	4*10/100Eth
Kanavointilaite, Tumsan 30 MUX 48VDC/230VAC								
Liityntälaite, Tumsan ALVI-GE Täyd 230VAC								
Keskusyksikkö, Tumsan ALVI-GE 230V		Relekortti	2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	4*SFP	4*EuroISDN	4*10/100Eth
Kanavointilaite, Tumsan 30 MUX 48VDC/230VAC								
Liityntälaite, Tumsan ALVI-GE Täyd 48VDC								
Keskusyksikkö, Tumsan ALVI-GE 48VDC		Relekortti	2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	4*SFP	4*EuroISDN	4*10/100Eth
Kanavointilaite, Tumsan 30 MUX 48VDC/230VAC								
Liityntälaite, Tumsan ALVI-KV Täyd 230VAC								
Keskusyksikkö, Tumsan ALVI-KV 230VAC		Relekortti	8*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	EuroCom	4*SFP	4*EuroISDN	4*10/100Eth
Kanavointilaite, Tumsan 30 MUX 48VDC/230VAC								
Liityntälaite, Tumsan ALVI-YVI Täyd 230VAC								
Keskusyksikkö, Tumsan ALVI-YVI 230VAC		Relekortti	2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	2*G.SHDSL 2*G.703	EuroCom	4*EuroISDN	4*10/100Eth
Kanavointilaite, Tumsan 30 MUX 48VDC/230VAC								
Liityntälaite, Tumsan ALVI-KVW Täyd 230VAC								
Keskusyksikö, Tumsan ALVI-KVW 230VAC		Relekortti	8*G.703	2*G.SHDS 2*G.703	WLAN	4*SFP	4*EuroISDN	4*10/100/GEth
Kanavointilaite, Tumsan 30 MUX 48VDC/230VAC								

Kenttäkelpoinen miniliityntälaite:

- 330*230*110 mm, IP55-7, -40...+40
- Military-liittimet, Probeam
- Sähkönsyöttö: 48V/24V DC, 230V AC ulkoisella adapterilla.
- AT-liitännät: 1 * FXO, 3 * FXS
- 1 * 10/100M Ethernet huoltoportti, PoE sisään
- 2 * 10/100/1000M Ethernet, PoE ulos
- 2 * GE joko yksimuoto tai monimuotokuitu. Ketjutettavissa.
- 1 * E1, G.703/704
- 2 * G.SHDSL, 1-parinen, 64k-4,6M, 10km. Ketjutettavissa.
- Naparuuvit.

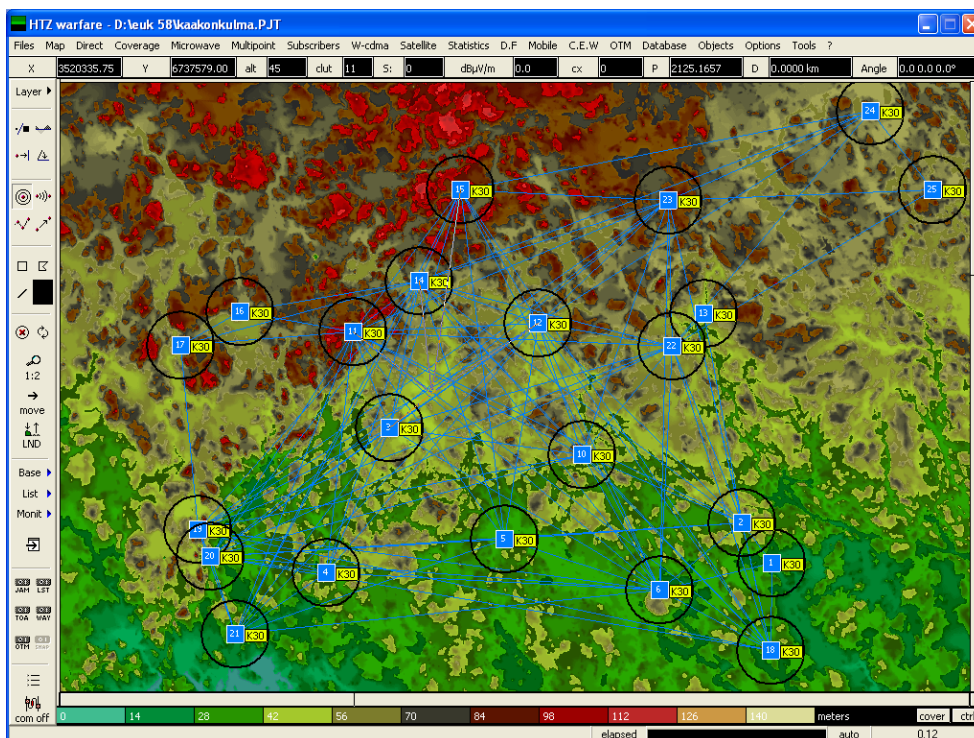
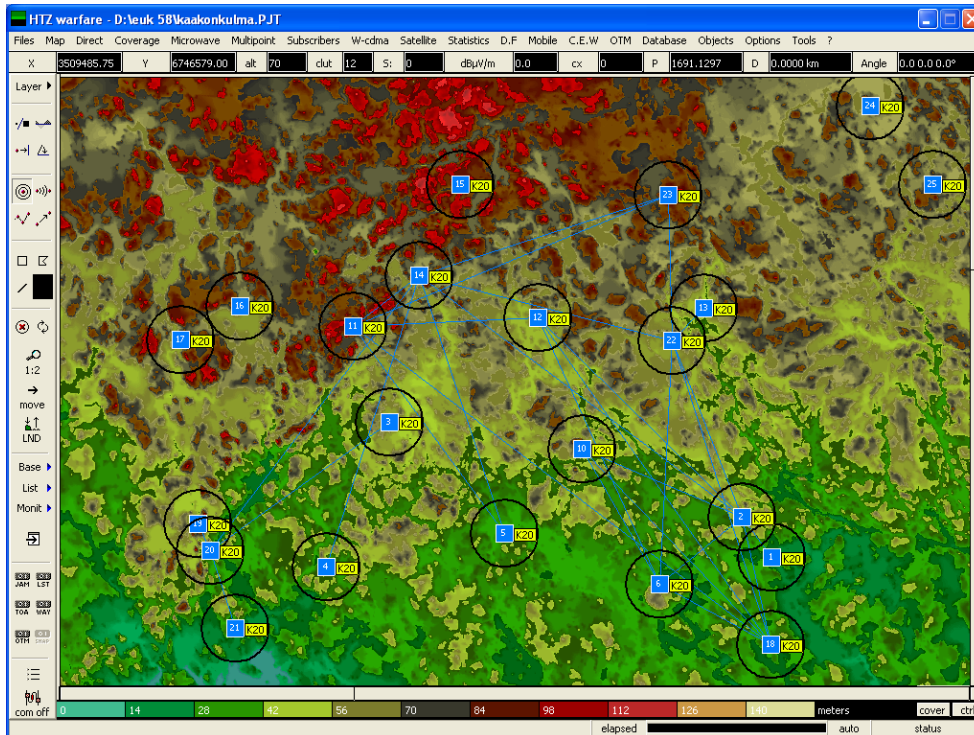
Miniliityntälaite, sisätilat:

- 330*230*110 mm , siviililiittimet
- Sähkönsyöttö: 48V/24V DC, 230V AC ulkoisella adapterilla.
- 1 * EuroCom
- PBX-toiminnallisuus
- AT-liitännät, 1 * FXO, 3 * FXS
- 1 * 10/100M Ethernet huoltoportti, PoE sisään
- 2 * 10/100/1000M Ethernet, PoE ulos
- 2 * GE joko yksi- tai monimuotokuitu. Ketjutettavissa.
- 4 * E1, G.703/704
- 4 * G.SHDSL, 1-parinen, 64k-4,6M, 10km. Ketjutettavissa.
- RS232

Miniliityntälaite, ALVI

- 330*230*110 mm, siviililiittimet
- Sähkönsyöttö: 48V/24V DC, 230V AC ulkoisella adapterilla.
- 1 * 10/100M Ethernet huoltoportti, PoE sisään
- 2 * 10/100/1000M Ethernet, PoE ulos
- 2 * GE, joko yksi- tai monimuotokuitu. Ketjutettavissa.
- 8 * E1, G.703/704
- 8 * G.SHDSL, 1-parinen, 64k-4,6M, 10km. Ketjutettavissa.

Yhteysvälilaskenta. Linkin korkeus ylemmässä kuvassa 20 metriä ja alemmassa 30 metriä. Kalustona Ericssonin 13 GHz minilinkki. Kuvan koko noin 40 km * 25 km.



	Downlink		Uplink	
	Max verkkonopeus	Max käyttäjänopeus	Max verkkonopeus	Max käyttäjänopeus
GPRS (CS1-2, tyypin 2 MS)	107.2 kbps		107.2 kbps	
GRPS (CS1-2, tyypin 1 MS)	53.6 kbps	40 kbps	53.6 kbps	40 kbps
GPRS (CS1-4, tyypin 2 MS)	171.2 kbps		171.2 kbps	
GPRS (CS1-4, tyypin 1 MS)	85.6 kbps		85.6 kbps	
EDGE (tyypin 2 MS)	473.6 kbps	400 kbps	473.6 kbps	400 kbps
EDGE (tyypin 1 MS)	236.8 kbps	200 kbps	236.8 kbps	200 kbps
Evolved EDGE (tyypin 1 MS)	652.8 kbps	500 kbps	326.4 kbps ⁴⁶	250 kbps
Evolved EDGE (tyypin 2 MS)	1305.6 kbps	1.0 Mbps	652.8 kbps	500 kbps
UMTS WCDMA Rel'99 (Teoreettinen)	2.048 Mbps		768 kbps	
UMTS WCDMA Rel'99 (Käytäntö)	384 kbps	350 kbps	384 kbps	350 kbps
HSDPA (Alkuperäiset laitteet)	1.8 Mbps	> 1 Mbps	384 kbps	350 kbps
HSDPA (Nykyiset laitteet)	3.6 Mbps	> 2 Mbps	384 kbps	350 kbps
HSDPA (Tulevaisuuden laitteet)	7.2 Mbps	> 3 Mbps	384 kbps	350 kbps
HSDPA teoreettinen max	14.4 Mbps		5.76 Mbps	
HSPA (Alkuperäinen kokoonpano)	7.2 Mbps	> 4 Mbps	1.46 Mbps	1 Mbps
HSPA (Tulevaisuuden kokoonpano)	7.2 Mbps		5.76 Mbps	
HSPA teoreettinen max	14.4 Mbps		5.76 Mbps	
HSPA+ (2X2 MIMO, 16-QAM)	28 Mbps		11.5 Mbps	
3GPP LTE tavoite (20 MHz kaista)	100 Mbps		50 Mbps	
802.16e WiMAX, arvio vaihe 1 (10 MHz TDD, DL/UL=3, 1X2 SIMO)	23 Mbps		4 Mbps	
802.16e WiMAX, arvio vaihe 2 (10 MHz TDD, DL/UL=3, 2x2 MIMO)	46 Mbps		4 Mbps	

Lähde: Rysavy, Peter: Mobile Broadband EDGE, HSPA & LTE.

SWE-DISH IPT-I MIL SUITCASE -tekniset tiedot

- paino 39 kg, koko pakattuna 70x47x31 cm
- taajuus 13.75-14.5 GHz, EIRP max 54 dBw
- 4 Mbit/s duplex IP-liikenne
- Laitteessa on 10/100 Mbit/s LAN-liitäntä
- Integroitu iDirect-modeemi (yhteysviiveen vaikutuksen minimointi IP-verkoissa)
- GPS, elektroninen kompassi, automaattisuuntaus

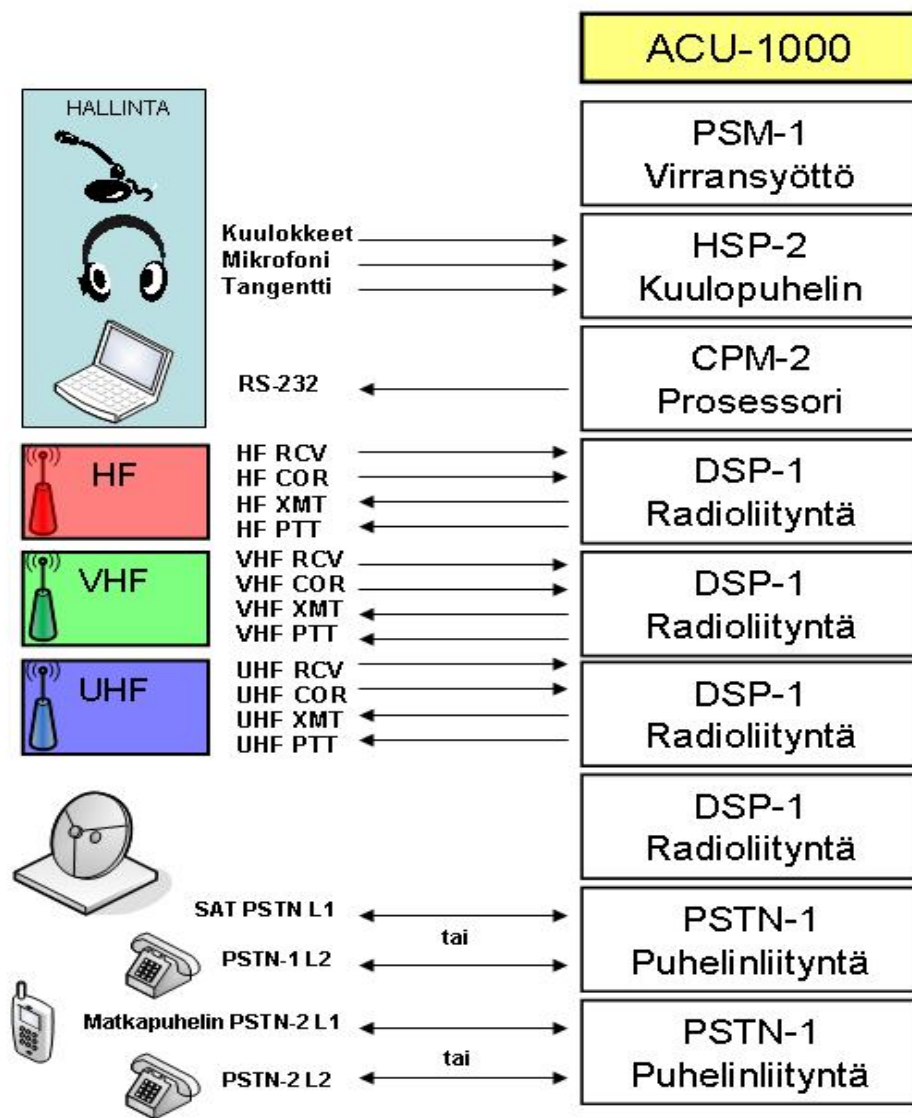


Thrane & Thrane Explorer 700 BGUN -satelliittivastaanotin

- paino 3,2 kg, koko: 297 x 399mm
- EIRP max 20 dBm
- standardi IP: 492kbps, streaming IP: 32, 64, 128 tai 256 kbps
- ISDN: 2 x 64kbps
- ääni: RJ-11 (x2) tai Bluetooth kuuloke, 3.1 kHz audio
- Dataliitännät: USB, Bluetooth, Ethernet (x2), WLAN 802.11g
- 12V aurinkopaneeli liitäntä

Lähteet: <http://www.inmarsat.com> sekä <http://www.swe-dish.com>

Raytheon JSP ACU-tuoteperheen käyttömahdollisuuksia



ACU-M



ACU-T



